

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Georgeta FODOR

Nadia POPESCU

STRUCTURI RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE

Dimensionare și alcătuire

GHID TEHNIC

EDIȚIA a-II-a REVIZUITĂ 2009

Capitolul I

INTRODUCERE

1. Domeniul de aplicare a ghidului tehnic
2. Modul de structurare

CUVÂNT ÎNAINTE

Apariția ghidului tehnic "Structuri rutiere suple și semirigide – dimensionare și alcătuire" ediția revizuită, vine să clarifice, după o lungă perioadă de timp, problema atât de controversată a dimensionării structurilor rutiere.

Autoarele doamna doctor ing. Georgeta Fodor și doamna ing. Nadia Popescu, două cunoscute personalități în activitatea rutieră din România, s-au străduit și au reușit să întocmescă un ghid practic, pe baza propriei experiențe și a unui bogat material bibliografic de specialitate.

Lucrarea, concepută ca un ghid tehnic, este sistematizată pe capitole, tratând atât partea teoretică a dimensionării structurilor rutiere, problemele de trafic, principiile fundamentale de alcătuire a structurilor rutiere, materialele ce alcătuiesc diferitele straturi rutiere și componența acestora, în funcție de destinația lor în structura rutieră, cât și modul de analiză a acestora la solicitările traficului.

Ghidul este însoțit de exemple practice de dimensionare, de programul pentru calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice în structurile rutiere și, foarte important, de fișe tehnice ale tehnologiilor de execuție a straturilor rutiere.

Putem spune că prima ediție a lucrării a apărut la momentul oportun, în plină campanie de derulare a programului de îmbunătățire a rețelei rutiere din România, atât prin reabilitarea drumurilor naționale europene, cât și prin reluarea programului de construcție a autostrăzilor. Epuizarea rapidă a acestora a îndreptățit tipărirea unei ediții revizuite a ghidului.

Ghidul se adresează în egală măsură studenților din ultimii ani de studii, colectivelor de proiectare drumuri și străzi, beneficiarilor de investiții, consultanțelor tehnice, cercetătorilor, dar și constructorilor de drumuri.

Modul de prezentare al lucrării ușurează mult orientarea cititorului și ajută la înțelegerea problemelor tratate, ceea ce reprezintă chiar scopul acestui ghid.

Acum, când avem la dispoziție o lucrare valoroasă în domeniul dimensionării structurilor rutiere, ne așteptăm la rezultate mai eficiente în alcătuirea structurilor rutiere, la folosirea în mai mare măsură a materialelor locale și, în final, la creșterea duratei de viață a rețelei de drumuri.

Sper din toată inima, ca efortul depus de cele două autoare să fie bine înțeles, și mai cu seamă răsplătit prin aplicarea acestui ghid tehnic în activitatea practică.

Dr. ing. Mihai Boicu

In loc de prefață

Epuizarea rapidă a ghidului tehnic și multiplele solicitări de achiziționare ale acestuia ne-au încurajat să purcedem la tipărirea celei de a doua ediții, revizuite. Scurgerea a peste 7 ani de la apariția primei ediții a determinat revizuirea textului, așa încât acesta să cuprindă prescripțiile actuale din țara noastră referitoare la materialele și tehnologiile de construcție rutieră. Cu regret, am constatat că această perioadă nu a fost benefică pentru tehnica rutieră din țara noastră. Astfel, revizuirea prescripțiilor tehnice se referă în cea mai mare parte la materialele rutiere și la metodele de încercare ale acestora, unde au fost efectuate strădanii pentru introducerea prescripțiilor europene. Nici în modul de alcătuire al structurilor rutiere suple și semirigide noi, nici în metodologia de dimensionare a acestora și nici în tehnologiile de execuție nu am constatat progrese.

Menționăm că acet ghid tehnic nu a fost conceput ca o lucrare științifică. El a fost elaborat în scopul de a fi o lucrare cu caracter practic, destinată celor care au drept obiect de activitate proiectarea lucrărilor de drumuri și de ce nu, execuția acestora, și de a ușura accesul la prescripțiile tehnice referitoare la structurile rutiere suple și semirigide. Ne bucurăm că acest deziderat a fost atins, măcar parțial.

Pe această cale vrem să mulțumim societății BOMACO pentru încrederea pe care ne-a acordat-o în tipărirea acestei ediții revizuite a ghidului. Deasemeni, mulțumim d-lui ing. Stefan Cios pentru răbdarea cu care a citit ghidul și cu care a făcut observații, care ne-au fost deosebit de utile la revizuirea textului. Mulțumim doamnei ing. Crina Damian, care ne-a ajutat la efectuarea unor calcule. Tuturor celor care au avut încredere în noi și ne-au sprijinit, pentru ca această lucrare să vadă lumina tiparului, le mulțumim călduros.

Georgeta Fodor

Nadia Popescu

Arta construirii drumurilor a parcurs un drum lung, determinat de sarcinile din ce în ce mai grele ale autovehiculelor, de vitezele de circulație mai mari, de necesitatea scurtării duratei de execuție și de dorința de a se reduce la minimum lucrările de întreținere ulterioare. Ca o consecință firească, materialele de construcție și tehnica rutieră au căpătat noi dimensiuni.

O privire aruncată în trecut arată că interacțiunea pământului de fundare cu structura rutieră era luată în considerare la limita anilor treizeci cu anii patruzeci, rolul acesteia fiind de a situa în limite admisibile solicitarea transmisă pământului de fundare. Mai târziu, grija pentru prevenirea procesului de fisurare al straturilor rutiere superioare a favorizat înțelegerea mecanismelor de degradare, sub acțiunea tensiunilor produse în structura rutieră la trecerea autovehiculelor. A apărut în consecință, necesitatea utilizării tehnicilor analitice la dimensionarea structurilor rutiere, îngreunată într-o primă fază, datorită complexității calculelor.*

Progresele esențiale realizate în domeniul informatic au dat naștere unor calculatoare mai rapide, ceea ce a permis utilizarea din ce în ce mai largă a tehnicilor analitice la calculele de dimensionare a drumurilor.

Un drum insuficient studiat va "cădea" ca orice construcție, deși această cădere nu este tot atât de spectaculoasă. Prezența atâtor gropi pe drumuri constituie o pledoarie pentru schimbarea concepției privind dimensionarea și alcătuirea structurilor rutiere, la care autorii acestui ghid vor să-și aducă un modest aport.

*

* *

Drumurile publice din România au o lungime totală de 80460 km (situație existentă în 25.09.2007).

Din punctul de vedere al administratorilor:

- 16028 km sunt drumuri naționale, inclusiv autostrăzi (1,67 %) și drumuri europene (36,81 %), conform hărții din figura I.1;
- 35306 km sunt drumuri județene;
- 29126 km sunt drumuri comunale.

Un număr de 566 km sunt drumuri de utilitate privată deschise circulației publice.

Lungimea străzilor este de 119922 km, ceea ce determină ca lungimea totală a rețelei de drumuri și străzi deschise circulației publice din România să fie de 200948 km.

Structurile rutiere ale drumurilor publice sau ale străzilor sunt caracterizate printr-o mare diversitate a modului de alcătuire, determinată în special de modificarea în timp a concepției privind rolul diverselor straturi rutiere. Tehnica rutieră din România a fost caracterizată printr-un spirit inovator, care, cu toate condițiile restrictive ale regimului trecut, a condus la utilizarea de noi materiale sau tehnologii de execuție a straturilor rutiere. Cu toate acestea, menținerea principiilor fundamentale pentru dimensionarea structurilor rutiere, care au fost legalizate în anul 1968, a constituit o barieră în conceperea unor structuri rutiere capabile să preia solicitările traficului, caracterizat printr-o creștere accentuată a sarcinilor pe osie.

**Standardul privind terminologia lucrărilor de drumuri (SR 4032/1), elimină termenul sistem rutier, sinonim termenului structură rutieră. Dicționarul explicativ al limbii române ediția 1998 definește structura, drept un mod de organizare internă, de alcătuire a unui corp; un mod de asociere a componentelor unui corp sau a unui întreg organizat, caracterizat prin forma și dimensiunile fiecărui element component, cum și prin aranjarea lor unul față de celălalt. Față de această ultimă definiție, s-a considerat adecvat ca pentru drum, ca și pentru orice construcție înginerească, să fie utilizat termenul structură rutieră.*

1. Domeniul de aplicare a ghidului tehnic

Ghidul tehnic expune principiile fundamentale ale unei metode analitice de dimensionare (cu elemente empirice) a structurilor rutiere suple și semirigide, în context cu recomandările și cu cerințele acțiunii de elaborare a unei metodologii unice de dimensionare pentru țările europene și cu prescripțiile legale în vigoare în țara noastră, elaborate în ultimul timp. El constituie un cadru de referință tehnică, care permite să fie abordată într-un mod modern și unitar, problema alcătuirii structurilor rutiere, atât din punctul de vedere al grosimii diferitelor straturi rutiere, cât și din cel al tehnologiilor de execuție a acestora.

Principiile prezentate în această lucrare pot fi utilizate la proiectarea structurilor rutiere, excepție făcând structurile rutiere cu înbrăcăminte din pavaje de piatră sau din beton de ciment. Ele se aplică la diferitele categorii de drumuri, de la drumurile cu trafic ușor până la autostrăzi.

Aspectele proprii solicitărilor pistelor aeroportuare sau ale platformelor industriale nu sunt tratate în acest ghid. Totuși, abordarea mecanică a dimensionării structurii rutiere, care este specifică acestei metodologii, poate, în unele cazuri, să furnizeze elementele necesare stabilirii alcătuirii structurii rutiere pentru aceste lucrări.

Ghidul explicitează etapele principale de dimensionare, care conduc la stabilirea grosimilor diferitelor straturi rutiere, în funcție de trafic și de materialele disponibile în diversele regiuni ale țării, în condițiile climaterice și ale mediului înconjurător specifice României. El precizează în ce mod parametrii de calcul sunt corespunzători proprietăților fizice și mecanice ale materialelor din alcătuirea straturilor rutiere, pentru diferite tehnici de execuție.

Prin conținutul lui, acest ghid poate fi aplicat și la lucrările de execuție a drumurilor noi, la modernizarea celor existente și la lucrările de reabilitare a drumurilor modernizate existente. Prevederile acestui ghid pot fi adoptate și la domeniul străzilor orașenești, cu unele limitări impuse de condițiile tehnice specifice acestor lucrări.

2. Modul de structurare

Ghidul tehnic este alcătuit din 8 capitole:

- capitolul I. **Introducere**
- capitolul II. **Principiile fundamentale ale metodologiei de dimensionare**
- capitolul III. **Traficul de calcul**
- capitolul IV. **Principiile fundamentale de alcătuire a structurilor rutiere**
- capitolul V. **Suportul structurii rutiere**
- capitolul VI. **Materialele din alcătuirea straturilor rutiere**
- capitolul VII. **Straturile rutiere**
- capitolul VIII. **Analiza structurii rutiere la solicitarea sarcinilor din trafic**

și 6 anexe:

- anexa 1. Programul pentru calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice în structurile rutiere
- anexa 2. Aspecte ale degradărilor drumurilor cu structuri rutiere suple și semirigide
- anexa 3. Fișe tehnice ale tehnologiilor de execuție a straturilor rutiere
- anexa 4. Exemple de dimensionare
- anexa 5. Lista prescripțiilor tehnice legale în vigoare
- anexa 6. Referințe bibliografice

Capitolul II

PRINCIPIILE FUNDAMENTALE ALE METODOLOGIEI DE DIMENSIONARE

1. Evoluția istorică a metodologiei de dimensionare în România
2. Metoda analitică de dimensionare, în context cu recomandările și cu cerințele acțiunii de elaborare a unei metodologii unice de dimensionare pentru țările europene
3. Criterii de dimensionare
4. Etapele principale de calcul

1. Evoluția istorică a metodologiei de dimensionare în România

Pentru dimensionarea în țara noastră a structurilor rutiere suple și semirigide este încă în vigoare STAS 1339 Lucrări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere. Principii fundamentale.

Elaborarea în anul 1968 a acestui standard a reprezentat desigur o etapă importantă în îmbunătățirea metodologiei de dimensionare, deoarece s-a renunțat la o metodă empirică, deci lipsită de o justificare teoretică, care era bazată pe indicele de capacitate portantă californian - CBR - al pământului de fundare. Noua metodă adoptată era o metodă sovietică, elaborată de institutul de cercetări de drumuri din Uniunea Sovietică, și anume, SoiuzDorNII, sub conducerea profesorului N.N.Ivanov. Această metodă se bazează pe criteriul deformației admisibile a îmbrăcăminții rutiere sub solicitarea traficului, ipoteza acceptată fiind că depășirea acestei deformații ar conduce la distrugerea structurii rutiere.

Analizată prin prisma cunoștințelor actuale privind modul de comportare în exploatare a structurilor rutiere, acestei metode de dimensionare i se pot aduce numeroase critici. Este suficient să fie menționate următoarele:

- criteriul deformației admisibile implică acceptarea unei deformații permanente, parte integrantă din deformația totală, deci producerea sub solicitările traficului, a unor fâgașe. Ori, această ipoteză nu poate fi admisă pentru drumurile moderne;

- se utilizează vehiculul etalon A 13, care nu are nici o corespondență cu tipurile de vehicule care circulă pe rețelele de drumuri din România;

- materialele de construcție rutieră și pământul de fundare sunt caracterizate prin modulul de deformație. În acest scop, diferitele materiale din alcătuirea straturilor rutiere au fost "echivalate" cu cele din metodologia sovietică, fără să se ia în considerare comportarea reologică a amestecurilor asfaltice, deci variația caracteristicilor de deformabilitate ale acestor materiale în funcție de temperatură.

Pe plan mondial, cercetările se desfășurau în scopul perfecționării metodologiilor de dimensionare, așa numitele metode "analitice - empirice" sau "mecanistice - empirice" căpătând o popularitate din ce în ce mai răspândită.

Filozofia abordării analitice a dimensionării structurilor rutiere constă din tratarea acestora în același mod ca orice construcție inginerască și anume, prin analiza structurală a sistemului rutier și compararea tensiunilor sau a deformațiilor specifice datorate solicitării diferitelor sarcini, cu cele admisibile.

Cu tot accesul limitat al specialiștilor noștri la rezultatele cercetărilor efectuate în diferite țări, structurile rutiere tip care au fost incluse în *Catalogul de structuri tip pentru drumuri publice*, care a fost elaborat în perioada 1974 - 1976, au fost verificate prin metode de calcul bazate pe următoarele criterii:

- deformația elastică admisibilă a complexului rutier;
- tensiunea orizontală admisibilă la baza straturilor bituminoase și la baza straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment;
- tensiunea verticală admisibilă la nivelul patului drumului.

Catalogul de structuri rutiere tip a reprezentat o primă etapă în acțiunea de tipizare a structurilor rutiere din România. El a suferit unele modificări în anul 1989, ca urmare a necesității reducerii consumului de energie implicat în realizarea acestor structuri rutiere.

Aceleași criterii de dimensionare sunt utilizate la dimensionarea ranforsărilor cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici ale sistemelor rutiere nerigide, care face obiectul instrucțiunilor indicativ CD 152, intrate în vigoare în anul 1985.

În anul 1993 au fost aprobate *Instrucțiunile tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide, indicativ AND 517* și *Instrucțiunile tehnice departamentale pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide, indicativ AND 518*. Deși principiile de dimensionare adoptate reprezentau sinteza celor mai avansate cunoștințe din domeniu, fiind considerate un progres în metodologia de

dimensionare, ele au fost aprobate cu titlu experimental, pentru o perioadă de un an, prevederile STAS 1339, revizuit în mod formal în anul 1979, rămânând în vigoare.

Un pas deosebit de important a constituit elaborarea în anul 1998 a *Normativului pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică), indicativ AND 550*. Odată cu intrarea în vigoare a acestui normativ, s-a restrâns domeniul de aplicare al Instrucțiunilor tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și semirigide, indicativ PD 177, în sensul că prevederile capitolului III nu se aplică la dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a acestor tipuri de structuri rutiere.

În anul 2000 a fost elaborat *Normativul pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică), indicativ PD 177-2001*, care înlocuiește metoda de dimensionare prevăzută în vechile instrucțiuni și prevederile instrucțiunilor indicativ AND 517-93.

Pentru dimensionarea sistemelor rutiere pentru străzi, sunt în vigoare principiile și reglementările tehnice din *Proiectul tip - Sisteme rutiere tip rigide și suple pentru străzi* și din *Normativul departamental pentru întreținerea și reparația străzilor, nr.270*. Prevederile normativului indicativ AND 550 se aplică și la străzi, fiind însă condiționată de necesitatea asigurării condițiilor de sistematizare pe verticală, a continuității circulației la intersecții și de condițiile tehnice specifice acestor lucrări.

Proiectanții lucrărilor noi de drumuri și străzi și a celor de reabilitare a acestora dispun astăzi de o metodologie modernă de dimensionare a structurilor rutiere suple și semirigide și a straturilor bituminoase de dimensionare. În acest context, se impune revizuirea prevederilor STAS 1339.

2. Metoda analitică de dimensionare, în context cu recomandările și cu cerințele acțiunii de elaborare a unei metodologii unice de dimensionare pentru țările europene

Elaborarea unei metode de dimensionare a drumurilor cu îmbrăcămînți bituminoase comună pentru țările europene a constituit obiectivul principal al uneia dintre acțiunile Comisiei Europene pentru Cooperare în Domeniul Tehnico - Stiințific (COST) pentru Transporturi și anume, *Acțiunea COST 333*. Această acțiune a fost determinată de necesitatea ca fiecare țară europeană să poată beneficia de rezultatele cercetărilor și de experiența altor țări, în așa fel încât, eforturile financiare ale fiecărei țări pentru cercetarea complexei problematice a dimensionării structurilor rutiere să fie cât mai reduse.

Acțiunea COST 333 a fost inițiată în anul 1995, de către Forumul European al Laboratoarelor de Cercetare ale Rețelelor Naționale de Drumuri (FEHRL), ca parte integrantă a Programului Strategic European de Cercetare Rutieră (SERRP). Astfel, se consideră că activitatea COST poate oferi cadrul flexibil pentru studiile efectuate în domeniul dimensionării structurilor rutiere.

Desfășurată în perioada 1996 - 1999, scopul final a acestei acțiuni a fost stabilirea unei metode de dimensionare a structurilor rutiere, comună pentru întreaga Europă, care să ia în considerare solicitările actuale ale vehiculelor comerciale în Uniunea Europeană și de asemenea, utilizarea potențială a unor noi materiale de construcție rutieră. Proiectul AMADEUS a continuat aceste cercetări, prin evaluarea celor mai avansate modele analitice de dimensionare existente în diferite țări, în scopul stabilirii potențialului de utilizare a acestora, în cadrul unei metode unice de dimensionare.

Dintre principalele concluzii ale Acțiunii COST 333, se menționează următoarele:

- majoritatea țărilor europene utilizează metode analitice de dimensionare, cu concepție similară. Ele se bazează în general pe teoria elasticității liniare pentru a calcula valorile tensiunilor și deformațiilor specifice în punctele critice ale structurii rutiere;

- toate metodele de dimensionare sunt calibrate empiric, astfel încât să poată fi luată în considerare influența factorilor climaterici, tehnologiile de execuție a diferitelor straturi rutiere și diversitatea materialelor de construcție rutieră;

- condițiile standard existente în metodele analitice de dimensionare utilizate în diferitele țări europene diferă semnificativ (de exemplu, sarcina osiei standard, temperaturile echivalente ale straturilor bituminoase, etc.).

Utilizarea în țara noastră a unei metode analitice de dimensionare se înscrie în consecință în logica uniformizării metodologiei de dimensionare a structurilor rutiere în țările europene.

3. Criteriile de dimensionare

Metoda analitică, cu elemente empirice, de dimensionare a structurilor rutiere suple și semirigide se bazează pe următoarele principii:

- limitarea procesului de degradare prin oboseală a straturilor bituminoase și a straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;

- limitarea procesului de deformare permanentă a suportului structurii rutiere.

Criteriile de dimensionare adoptate în scopul limitării acestor procese de degradare variază în funcție de tipul structurii rutiere și anume, în cazul lucrărilor de drumuri noi sau de modernizare a celor existente:

- pentru structuri rutiere suple:
 - deformația specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminoase;
 - deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul suportului structurii rutiere;
- pentru structuri rutiere semirigide:
 - deformația specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminoase;
 - tensiunea de întindere admisibilă la baza stratului de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
 - deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul suportului structurii rutiere.

În cazul lucrărilor de reabilitare a drumurilor existente, criteriile de dimensionare care se utilizează sunt în funcție de soluția de ranforsare adoptată. Astfel:

- la ranforsarea cu straturi bituminoase:
 - deformația specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminoase existente;
 - deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul pământului de fundare;
- la ranforsarea cu strat de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici:
 - tensiunea de întindere admisibilă la baza stratului din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici;
 - tensiunea de compresiune verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare.

4. Etapele principale de calcul

Dimensionarea structurii rutiere comportă următoarele etape:

- stabilirea traficului de calcul, conform capitolului III;
- stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului, conform capitolului IV;
- alegerea alcăturii structurii rutiere, conform capitolelor V...VII;
- analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard, conform capitolului VIII.

Metoda analitică de dimensionare constă în consecință din **verificarea** stării de solicitare a unei structuri rutiere, situată pe pământul de fundare caracteristic traseului drumului, astfel încât aceasta să îndeplinească criteriile de dimensionare menționate anterior.

Capitolul III

TRAFICUL DE CALCUL

1. Perioada de perspectivă
2. Compoziția și intensitatea traficului
3. Coeficienții de evoluție
în perspectivă a traficului rutier
4. Definirea osiei standard
5. Coeficienții de echivalare în osii standard
a diferitelor tipuri de autovehicule
6. Relațiile pentru stabilirea traficului de calcul
7. Stabilirea agresivității unui autovehicul
asupra structurii rutiere

1. Perioada de perspectivă

Perioada de timp, exprimată în ani, pentru care se stabilește traficul de calcul se numește perioadă de perspectivă. Majoritatea țărilor europene dimensionează structurile rutiere pentru drumurile destinate circulației vehiculelor grele pentru o perioadă de perspectivă de 20 ani. Excepție face Franța, care dimensionează autostrăzile pentru 30 ani.

Perioada de perspectivă nu trebuie confundată cu durata de viață a structurii rutiere, aceasta din urmă putând fi prelungită considerabil, prin întreținere permanentă în scopul reparării degradărilor sau prin ranforsare. Lucrările Acțiunii COST 333 arată că 73 % din țări adoptă perioada de perspectivă pe considerente economice. Dintre acestea, doar 18 % iau în considerare costurile cumulate ale construcției, ale întreținerii și ale utilizatorilor, 14 % costurile construcției și ale întreținerii, 41 % luând în considerare numai costul execuției.

La noi în țară, perioada de perspectivă este în general indicată de beneficiarul lucrării.

Prescripțiile tehnice legale de stabilire a traficului de calcul și anume, Normativul pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație, indicativ AND 584, recomandă următoarele perioade de perspectivă:

- pentru dimensionarea structurilor rutiere pentru drumurile și autostrăzile noi de clasa tehnică I și II: 15...20 ani;
- pentru dimensionarea structurilor rutiere la modernizarea sau construcția de drumuri noi din clasele tehnice III și IV: 10...15 ani;
- pentru dimensionarea structurilor rutiere pe benzile de lărgire a drumurilor, aceeași perioadă de perspectivă ca pentru dimensionarea straturilor de ranforsare pentru drumul existent;
- pentru dimensionarea straturilor de ranforsare la autostrăzi, drumuri expres și drumuri naționale europene: 15 ani;
- pentru dimensionarea straturilor de ranforsare la drumurile naționale principale și secundare: 10 ani;
- pentru dimensionarea straturilor de ranforsare la drumurile județene, comunale și vicinale: 7...10 ani.

2. Compoziția și intensitatea traficului

Compoziția și intensitatea traficului constituie datele principale implicate în stabilirea traficului de calcul. Ele permit determinarea intensității medii zilnice anuale a traficului pentru anul de bază MZA.

Pe drumurile existente, intensitatea medie zilnică anuală a traficului poate fi determinată prin următoarele metode:

- recensământul general de circulație, care se efectuează la intervale de 5 ani pe rețeaua de drumuri publice. Prelucrarea rezultatelor acestuia permite stabilirea intensității medii zilnice anuale a traficului pe grupe de vehicule MZA_K;
- înregistrări automate de circulație, cu caracter permanent, efectuate pe rețeaua de drumuri naționale. Acestea se efectuează în posturi dotate cu contori de trafic de tip totalizator sau înregistrator cu sistem de detecție electromagnetică, în care se determină traficul total, fără diferențierea vehiculelor pe grupe sau în posturi de tip WIM care asigură clasificarea vehiculelor în 14 clase și cântărirea din mers a vehiculelor.

Pe drumurile de interes local, județene, comunale și vicinale sau pe străzi, pentru care nu se dețin date de trafic, intensitatea medie zilnică anuală a traficului se determină prin efectuarea unui recensământ de circulație de scurtă durată și ajustarea datelor rezultate la nivel de MZA.

Coeficienții de ajustare se determină, în general, pe baza înregistrărilor automate sau a înregistrărilor manuale din posturile de pe drumurile cu caracteristici similare.

La lucrările rutiere importante, cum sunt construcțiile de drumuri noi și autostrăzi, amenajări de noduri rutiere, variante de ocolire a localităților, etc., care necesită cunoașterea curenților de circulație pe o anumită rețea de drumuri, datele din recensământul general de circulație vor fi completate, după necesități, prin anchete de circulație origine - destinație, efectuate în cadrul unui studiu de trafic. Pentru anul de dare în exploatare a lucrării, se estimează și traficul suplimentar indus determinat de condițiile mai bune de circulație asigurate de noua lucrare rutieră.

Pentru modernizări de drumuri existente se va lua în considerare posibilitatea de atragere a unei părți din traficul de pe drumurile existente în zonă, precum și de pe alte căi de comunicație, ca urmare a unor condiții mai avantajoase de circulație (scurtarea duratei de parcurs, reducerea cheltuielilor de transport, creșterea confortului și siguranței circulației).

Pentru stabilirea traficului de calcul pentru dimensionarea structurilor rutiere suple și semirigide se iau în considerare următoarele grupe de vehicule grele:

- autocamioane și derivate cu 2 osii;
- autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii;
- autovehicule articulate;
- autobuze;
- tractoare cu/fără remorcă, vehicule speciale;
- autocamioane cu remorci (trenuri rutiere).

Intensitățile traficului corespunzătoare unui post de recenzie se aplică pe sectorul de drum delimitat prin recensământ.

3. Coeficienții de evoluție în perspectivă a traficului rutier

Stabilirea traficului de calcul impune cunoașterea evoluției în perspectivă a traficului rutier, pentru perioada de perspectivă luată în considerare.

Stabilirea coeficienților de evoluție a traficului este în sarcina CESTRIN, care prelucrează rezultatele recensămintelor generale de circulație. Astfel, pe baza rezultatelor ultimului recensământ general, care s-a desfășurat în anul 2005, au fost stabilite valorile coeficienților de evoluție a traficului pentru perioada 2005 - 2025 pe grupe de vehicule, în trei variante: minimă, medie (probabilă) și maximă, pentru ansamblul rețelei de drumuri publice și separat, pe categorii de drumuri: drumuri naționale europene, drumuri naționale principale, drumuri naționale secundare, drumuri județene și drumuri comunale. Valorile acestor coeficienți vor fi actualizate după fiecare recensământ general de circulație de către CESTRIN.

Pentru determinarea traficului de calcul la dimensionarea structurilor rutiere și a straturilor de ranforsare a drumurilor, se utilizează în mod obișnuit, coeficienții medii de evoluție (variantea probabilă) a traficului pe categorii de drumuri, care sunt dați în tabelele III.3.1.a...III.3.1.e.

Coeficienții medii de evoluție a traficului rutier pe rețeaua de drumuri naționale europene

Tabelul III.3.1a

Anul	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă, veh. speciale	Autocamioane cu remorci (trenuri rutiere)
2005	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	1,35	1,25	1,13	1,48	1,17	1,10
2015	1,59	1,37	1,28	1,62	1,31	1,22
2020	1,99	1,55	1,47	1,06	1,58	1,35
2025	2,68	1,83	1,74	2,30	2,04	1,48

**Coefficienții medii de evoluție a traficului rutier
pe rețeaua de drumuri naționale principale**

Tabelul III.3.1b

Anul	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă, veh. speciale	Autocamioane cu remorci (trenuri rutiere)
2005	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	1,12	1,32	1,16	1,12	0,95	1,14
2015	1,32	1,44	1,30	1,25	1,06	1,26
2020	1,65	1,63	1,50	1,40	1,28	1,50
2025	2,22	1,92	1,77	1,57	1,66	1,92

**Coefficienții medii de evoluție a traficului rutier
pe rețeaua de drumuri naționale secundare**

Tabelul III.3.1c

Anul	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă, veh. speciale	Autocamioane cu remorci (trenuri rutiere)
2005	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	1,07	1,09	1,11	1,07	1,26	1,35
2015	1,26	1,20	1,23	1,14	1,41	1,49
2020	1,58	1,31	1,36	1,22	1,71	1,77
2025	2,12	1,43	1,52	1,30	2,20	2,27

**Coefficienții medii de evoluție a traficului rutier
pe rețeaua de drumuri județene**

Tabelul III.3.1d

Anul	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă, veh. speciale	Autocamioane cu remorci (trenuri rutiere)
2005	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	1,09	1,05	1,14	1,06	1,34	1,26
2015	1,27	1,10	1,26	1,12	1,49	1,39
2020	1,59	1,16	1,48	1,18	1,81	1,66
2025	2,14	1,22	1,76	1,25	2,34	2,12

**Coefficienții medii de evoluție a traficului rutier
pe rețeaua de drumuri comunale**

Tabelul III.3.1e

Anul	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu trei și patru osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă, veh. speciale	Autocamioane cu remorci (trenuri rutiere)
2005	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2010	1,10	1,09	1,12	1,11	1,30	1,17
2015	1,29	1,20	1,25	1,24	1,45	1,28
2020	1,61	1,31	1,40	1,38	1,76	1,53
2025	2,17	1,43	1,56	1,54	2,27	1,96

Valoarea coeficienților de evoluție a traficului pentru anii intermediari celor pentru care au fost stabiliți se stabilește prin interpolare geometrică cu relația:

$$P_{K,m} = P_{Ki} (1 + r_{Ki})^m \quad (III.1)$$

în care:

$p_{K, m}$ este coeficientul de evoluție a traficului pentru grupa "K" de vehicule în anul intermediar "m";

p_{Ki} - coeficientul de evoluție a traficului pentru începutul perioadei "ti" în care se face interpolarea;

r_{Kti} - rata medie anuală de evoluție a traficului pentru perioada "ti", determinată cu relația:

$$r_{Kti} = (p_{K, i+1} / p_{Ki})^{1/ti} - 1$$

în care:

r_{Kti} este rata medie anuală de evoluție a traficului din grupa "K" de vehicule pe perioada de prognoză "ti";

$p_{Ki}, p_{K, i+1}$ - coeficienții de evoluție a traficului pentru începutul și sfârșitul perioadei de prognoză "ti".

Dacă evoluția traficului mediu pe rețeaua de drumuri publice după 2..3 ani de la începutul perioadei de prognoză este mult diferită de evoluția medie prognozată, CNADNR poate recomanda utilizarea în perioada următoare a coeficienților de evoluție a traficului în varianta maximală sau minimală.

La proiectarea lucrărilor importante de drumuri se impune stabilirea evoluției în perspectivă a traficului în cadrul unui studiu de trafic. Un astfel de studiu necesită determinarea evoluției acestuia pe tipuri de trafic: local, de destinație, de tranzit, prin analizarea surselor generatoare ale acestora.

Principalele date necesare a fi obținute sunt:

- referitor la transportul de mărfuri:
 - cantitățile de produse care au fost transportate pe drumul respectiv în anul ultimului recensământ și tipurile de vehicule folosite;
 - originea și destinația transporturilor și ruta folosită;
 - distribuția traficului pe parcursul anului (trafic sezonier sau uniform distribuit);
 - cantitățile de produse prevăzute a fi transportate în perspectivă pe drumul respectiv și tipurile de vehicule ce se prevăd a fi folosite;
- referitor la transportul de persoane:
 - număr de curse, trasee și tipuri de vehicule de transport în comun;
 - prevederi pentru dezvoltarea în perspectivă a transportului în comun;
 - estimări ale traficului de autobuze generat de obiective sau zone și localități cu specific turistic sau balneo-climateric.

Pe baza analizei datelor obținute se stabilește intensitatea traficului generat de aceste surse pentru anul ultimului recensământ și a evoluției în timp a acestuia pentru perioada de perspectivă.

Diferența dintre traficul recensat și traficul local, de origină și de destinație reprezintă traficul de tranzit și partea din traficul local, de origină și de destinație, care nu a putut fi analizată din lipsă de date.

Evoluția în perspectivă a acestui trafic se stabilește prin utilizarea coeficienților de evoluție medii pe țară din tabelele III.3.1a...III.3.1e.

Pentru stabilirea evoluției în perspectivă a traficului local, de origină și de destinație se vor utiliza coeficienții de evoluție proprii, stabiliți ca urmare a studiului de trafic.

Traficul de calcul rezultă prin însumarea traficului generat de surse locale cu restul traficului recensat.

Ordonanța Guvernului nr. 43/1997 privind regimul juridic al drumurilor actualizată la data de 14.05.2007, prevede creșterea limitei maxime a tonajelor pe osia simplă de la 10,0 t la 11,0 t, în cazul autovehiculelor cu suspensie pneumatică care circulă pe drumurile modernizate europene (E) și pe alte drumuri deschise traficului greu. Lista acestor drumuri a fost aprobată prin Ordinul Ministrului Transporturilor nr. 23 din 20 ianuarie 1999. În consecință, studiile de trafic pentru aceste drumuri trebuie să ia în considerare prezența în compoziția traficului a autovehiculelor cu sarcină pe osie cuprinsă între 100 kN și 110 kN.

4. Definirea osiei standard

În România a fost adoptată, încă din anul 1985, osia standard cu sarcina de 115 kN (o.s.115), cu următoarele caracteristici:

- sarcina pe roțile duble : 57,5 kN;
- presiunea de contact pneu-drum: 0,625 MPa;
- raza suprafeței circulare echivalente
suprafeței de contact pneu-drum: 0,171 m.

Sarcina pe osie de 115 kN reprezintă sarcina maximă pentru osia motoare autorizată pentru traficul internațional în cadrul Comunității europene.

Caracteristicile osiei standard constituie date de intrare în programul de calcul al tensiunilor și al deformațiilor specifice în structura rutieră.

5. Coeficienții de echivalare în osii standard a diferitelor tipuri de autovehicule

Stabilirea traficului de calcul impune echivalarea diferitelor tipuri de vehicule care circulă pe drum în osii standard de 115 kN. Aceasta se efectuează cu ajutorul unor coeficienți de echivalare f_k , care reprezintă numărul de osii standard de 115 kN cu o aceeași agresivitate asupra drumului. Coeficienții de echivalare sunt stabiliți pe grupe de vehicule, în funcție de spectrul de încărcări pe osie a vehiculelor din fiecare grupă, determinat prin cântărirea vehiculelor în trafic real pe drum.

În cazul în care pe drumul respectiv există un post WIM, coeficienții de echivalare f_k se stabilesc în modul următor:

- a) se determină spectrul de încărcări pe osie pentru vehiculele din fiecare grupă;
- b) pentru fiecare tip de osie și încărcare se determină coeficientul de echivalare " f_i " cu relația:

$$f_i = A (P_i / 115)^b \quad (\text{III.2})$$

în care:

P_i este sarcina pe osie a unui vehicul real, în kN;

A - parametru care depinde de tipul de osie și de tipul lucrării rutiere;

b - exponent funcție de tipul lucrării rutiere.

Pentru echivalarea traficului din țara noastră pentru structuri rutiere suple și semirigide, valorile parametrului "A" și ale exponentului "b" sunt date în tabelul III. 5.1.

**Parametrii de calcul pentru echivalarea vehiculelor reale
în osii standard de 115 kN**

Tabelul III.5.1

Tipul lucrării rutiere	Exponentul "b"	Parametrul "A" pentru			
		osia din față	alte osii simple	osii tandem (elementare)	osii tridem (elementare)
Lucrare nouă	3	2,4	0,6	0,6	0,6
Ranforsarea structurii rutiere existente	4	1,6	1,0	1,8	1,8

- c) determinarea coeficienților f_{cl} pentru fiecare clasă de vehicule cântărite, cu relația :

$$f_{cl} = (1/N_{cl}) \sum_{j=1}^{n_{cl}} \sum_{i=1}^{N_{cl}} f_{ij} \quad (\text{III.3})$$

în care :

N_{cl} este numărul de vehicule din clasa "cl" cântărite;

n_{cl} - numărul de tipuri de osii aparținând clasei "cl" de vehicule;

f_{ij} - coeficienții de echivalare pentru fiecare osie "i" cântărită, de tipul "j", pentru clasa "cl" de vehicule;

f_{cl} - coeficientul de echivalare mediu pentru clasa "cl" de vehicule.

- d) determinarea coeficienților f_K pentru grupele de vehicule luate în considerare la dimensionare cu relația:

$$f_K = \frac{I_K}{(1/N_K) \sum_{cl=1} f_{cl} N_{cl}} \quad (III.4)$$

cu

$$N_K = \sum_{cl=1} N_{cl}$$

în care:

N_K este numărul total de vehicule din grupa "K" cântărite;

I_K - numărul de clase de vehicule cântărite în postul WIM respectiv, aparținând grupei "K" de vehicule.

În cazul în care pe sectorul de drum sau pe drumul respectiv nu există nici un post WIM, se utilizează coeficienții f_K din tabelul III.5.2, care sunt medii pe rețeaua de drumuri naționale. Acești coeficienți vor fi actualizați de către CNADNR pe baza prelucrării rezultatelor măsurărilor de trafic efectuate în cadrul programului de monitorizare a traficului greu, ori de câte ori apar modificări semnificative ale valorilor acestora.

Coeficienții medii de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard de 115 kN

Tabelul III.5.2

Tipul lucrării rutiere	Grupa de vehicule					
	Autocamioane și derivate cu 2 osii	Autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Tractoare cu/fără remorcă	Tren rutier
Lucrare nouă	0,4	0,6	0,8	0,6	0,3	0,8
Ranforsarea structurii rutiere existente	0,3	0,8	0,9	0,6	0,2	0,7

6. Relațiile pentru stabilirea traficului de calcul

Traficul de calcul se exprimă în milioane de osii standard și se stabilește cu relația:

$$N_C = 365 \times 10^{-6} \times c_{rt} \sum_{K=1}^6 MZA_K \times f_K \times 0,5 \sum_{i=1}^n (p_{Ki} + p_{Ki+1}) t_i \quad (III.5)$$

în care:

N_C este traficul de calcul în milioane osii standard de 115 kN (m.o.s) pe banda de circulație cea mai solicitată;

c_{rt} - coeficientul de repartiție transversală a traficului pe banda de circulație cea mai solicitată;

MZA_K - intensitatea medie zilnică a traficului în anul de bază, pentru grupa "K" de vehicule;

p_{Ki} , p_{Ki+1} - coeficienții de evoluție a traficului în perspectivă pentru grupa "K" de vehicule la începutul și sfârșitul perioadei parțiale "i" de prognoză;

f_K - coeficientul de echivalare a vehiculelor din grupa "K" în osii standard de 115 kN;

t_i - durata perioadei "i" de prognoză (în general de 5 ani);

n - numărul de perioade parțiale " t_i " de prognoză.

Suma perioadelor parțiale " t_i " este egală cu perioada de perspectivă de calcul.

În cazul în care se dispune de date privind traficul mediu zilnic anual de perspectivă în osii standard de 115 kN, traficul de calcul se stabilește cu relația:

$$N_C = 365 \times 10^{-6} \times c_{rt} \times 0,5 \sum_{i=1}^n (MZA_{Si} + MZA_{Si+1}) t_i \quad (III.6)$$

în care MZA_{Si} , MZA_{Si+1} sunt intensitățile medii zilnice anuale ale traficului, exprimate în osii standard de 115 kN în 24 ore, la începutul și sfârșitul perioadei " t_i " de prognoză. Aceste valori sunt furnizate de CNADNR pentru sectoarele de drumuri publice pe care a fost efectuat recensământul de circulație.

Coeficientul de repartizare transversală a traficului pe banda cea mai solicitată c_{rt} se determină din tabelul III.6.1 în funcție de numărul de benzi de circulație pe toată lățimea drumului și de categoria de drum.

Coeficientul de repartizare transversală a traficului

Tabelul III.6.1

Categoria de drum	Drumuri					Autostrăzi	
Numărul benzilor de circulație	1	2	3	4	6	2x2	2x3
c_{rt}	1,00	0,50	0,50	0,35	0,33	0,45	0,40

7. Stabilirea agresivității unui autovehicul asupra structurii rutiere

Dezvoltarea traficului internațional determină apariția în compoziția traficului a unor vehicule grele, care vor avea o contribuție deosebită în procesul de degradare al structurilor rutiere.

Agresivitatea acestor autovehicule asupra structurii rutiere se stabilește cu referire la osia standard, reprezentând numărul de treceri ale acesteia, care produce aceeași degradare. Ea se exprimă prin coeficientul de echivalare al autovehiculului respectiv în osii standard.

Utilizarea a două sau trei criterii de dimensionare presupune existența pentru un același autovehicul a două sau trei valori ale coeficientului de echivalare. Astfel, agresivitatea unui vehicul poate să fie stabilită pentru cele două criterii de dimensionare menționate în capitolul II.

Agresivitatea unui autovehicul corespunzătoare criteriului deformației specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase se stabilește plecând de la definiția ratei de degradare prin oboseală (RDO), care, pentru o osie cu sarcina " i " se calculează cu relația:

$$RDO_{o.i.} = n_{o.i.} / Nadm_{o.i.} \quad (III.7)$$

în care:

RDO o.i. este rata de degradare prin oboseală pentru solicitarea sarcinii osiei " i ";

$n_{o.i.}$ - numărul de solicitări ale osiei " i ";

$Nadm_{o.i.}$ - numărul de solicitări admisibil ale osiei " i ".

Luând în considerare legea de oboseală:

$$Nadm. = a \times \epsilon_r^{-b} \quad (III.8)$$

și relația:

$$n_{o.s.115} = f_{ek.o.s.i.}^0 \times n_{o.i.} \quad (III.9)$$

în care $n_{o.s.115}$ reprezintă numărul de osii standard cu sarcina de 115 kN, iar $f_{ek.o.i.}$ coeficientul de echivalare al agresivității osiei " i " în osii standard, egalitatea ratelor de degradare prin oboseală se exprimă prin:

$$f_{ek.o.i.}^0 \times n_{o.i.} / a (\epsilon_{r.o.s.115})^{-b} = n_{o.i.} / a (\epsilon_{r.o.i.})^{-b} \quad (III.10)$$

Prin simplificări se ajunge la:

$$f_{ek.o.i.}^0 = (\epsilon_{r.o.s.115} / \epsilon_{r.o.i.})^{-b} \quad (III.11)$$

în care:

$\epsilon_{r.o.s.115}$ este deformația specifică de întindere produsă de solicitarea sarcinii semiosiei

standard, la baza straturilor bituminoase, în microdeformații;

$\varepsilon_{r.o.i.}$ - deformația specifică de întindere produsă de solicitarea semiosii "i", la baza straturilor bituminoase, în microdeformații.

În conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 550, $b = 3,97$, deci relația (III.11) devine:

$$f_{ek.o.i.}^o = (\varepsilon_{r.o.s.115} / \varepsilon_{r.o.i.})^{-3,97} \quad (III.12)$$

Autovehiculele de transport având mai multe osii, agresivitatea lor se stabilește prin însumarea agresivității celor "n" osii, deci:

$$f_{ek.veh.}^o = \sum_{i=1}^n f_{ek.o.i.}^o \quad (III.13)$$

Pe baza aceluiași raționament, agresivitatea unui vehicul corespunzătoare criteriului deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare se exprimă prin coeficientul de echivalare a unei osii, luând în considerare procesul de deformare a pământului de fundare, care capătă următoarea expresie:

$$f_{ek.veh.}^z = (\varepsilon_{z.o.s.115} / \varepsilon_{z.o.i.})^{-b} \quad (III.14)$$

în care:

$f_{ek.o.i.}^z$ este coeficientul de echivalare a acțiunii osiei "i" în osii standard;

$\varepsilon_{z.o.s.115}$ - deformația specifică verticală produsă de solicitarea sarcinii semiosiei standard la nivelul pământului de fundare, în microdeformații;

$\varepsilon_{z.o.i.}$ - deformația specifică verticală produsă de solicitarea sarcinii semiosiei "i" la același nivel, în microdeformații,

iar b are două valori, în funcție de categoria drumului și anume:

$b = 0,27$ pentru autostrăzi, drumuri expres, drumuri naționale europene și drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s. (1×10^6 o.s.115);

$b = 0,28$ pentru drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s. (1×10^6 o.s.115).

Pentru un vehicul cu "n" osii:

$$f_{ek.veh.}^z = \sum_{i=1}^n f_{ek.o.i.}^z \quad (III.15)$$

Studii efectuate de către SEARCH-CORPORATION au permis să se propună o relație de forma:

$$f_{ek.o.i.} = A \times (P_i / 115)^\beta \quad (III.16)$$

pentru calculul coeficientului de echivalare, în care A și β au valori în funcție de tipul structurii rutiere și de configurația semiosiei.

Relația (III.16) permite să se calculeze valorile coeficientului de echivalare pentru osiile oricărui tip de vehicul, dacă se cunoaște configurația acestora și sarcina pe osie.

Coeficientul de echivalare corespunzător criteriului deformației specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase ($f_{ek.o.i.}^o$) are valori mai mari decât cel corespunzător criteriului deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare ($f_{ek.o.i.}^z$), ceea ce indică o agresivitate mai mare a vehiculelor grele asupra straturilor bituminoase decât asupra pământului de fundare. În consecință, în calculele de dimensionare se recomandă utilizarea coeficienților de echivalare corespunzători criteriului deformației specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase.

În tabelele III.7.1 și III.7.2 sunt prezentate unele valori ale coeficienților de echivalare ale diverselor tipuri de autovehicule asupra structurilor rutiere suple și semirigide.

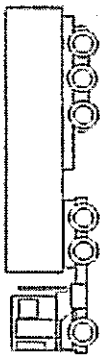
**Agresivitatea diverselor tipuri de autovehicule asupra
structurii rutiere suple**

Tabelul III.7.1

Nr. crt.	Tip autov	Configuratie	Numar roti pe osie	Marca	Sarcina totala kN	P ⁰ ef veh.	P ² ek. veh
1	B2		2+2	IKARUS 386 var.1 MERCEDES 336 FIAT	175	3,454	1,106
2			2+2		105	2,936	0,874
3			2+2		107	3,156	0,961
4	A2S2		2+2+4+4	MAN 19-332 var. 1 MAN 19-332 var. 2	629	11,943	10,831
5			2+4+2+2		256	1,531	0,615
6	A3S2		2+2+2+4+4	SCANIA 143M470 SCANIA 450 MERCEDES 18-44 var. 1 VOLVO FH12/420 H12 DAF 95-400 var. 1 MAN 19-463 DAF 95-400 VAR. 2	622	10,959	7,477
7			2+4+2+2+2		504	9,067	3,595
8			2+4+2+2+2		543	11,165	5,553
9			2+4+2+2+2		584	12,318	6,405
10			2+4+4+4+4		499	3,726	2,162
11			2+4+4+4+4		510	5,27	4,341
12			2+4+4+4+4		696	8,909	7,177
13	A3S3		2+2+4+4+4+4	IVECO 190-38	515	3,389	1,927

**Agresivitatea diverselor tipuri de autovehicule asupra
structurii rutiere semirigide**

Tabelul III.7.2

Nr. crt.	Tip autov	Configuratie	Numar roti pe osie	Marca	Sarcina totala kN	$P_{ef. veh.}$	$P_{ek. veh.}$
1	B2		2+2	IKARUS 386 var. 1 MERCEDES 336 FIAT	175	4,245	1,079
2			2+2		105	3,597	0,849
3			2+2		107	3,825	0,937
4	A2S2		2+2+4+4	MAN 19-332 var. 1 MAN 19-332 var. 2	629	12,351	12,979
5			2+4+2+2		256	1,969	0,750
6	A3S2		2+2+2+4+4	SCANIA 143M470 SCANIA 450 MERCEDES 18-44 var. 1 VOLVO FH12;420 H12 DAF 95-400 var. 1 MAN 19-463 DAF 95-400 VAR. 2	622	12,816	9,534
7			2+4+2+2+2		504	10,649	3,986
8			2+4+2+2+2		543	13,295	6,431
9			2+4+2+2+2		584	14,276	7,528
10			2+4+4+4+4		499	4,416	2,737
11			2+4+4+4+4		510	5,795	4,684
12			2+4+4+4+4		696	10,044	9,242
13	A3S3		2+2+4+4+4+4	IVECO 190-38	515	4,183	2,574

Capitolul IV

PRINCIPIILE FUNDAMENTALE DE ALCĂTUIRE A STRUCTURILOR RUTIERE

1. Descrierea funcțională a straturilor rutiere
2. Tipurile principale de structuri rutiere
3. Mecanismele de funcționare și de degradare ale tipurilor de structuri rutiere

1. Descrierea funcțională a straturilor rutiere

Drumurile se prezintă ca structuri multistrat, executate pe un suport, alcătuit din terasamente.

O structură rutieră este alcătuită din următoarele straturi, definite conform STAS 4032/1:

- îmbrăcămintă rutieră;
- strat de bază;
- fundația drumului.

Rolul acestor straturi este diferențiat prin aportul lor la funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească drumul.

1.1. Imbrăcămintea rutieră este alcătuită din:

- un strat de uzură, care constituie stratul superior al structurii rutiere și care preia direct solicitările conjugate ale traficului și ale agenților atmosferici;
- un strat de legătură, care poate lipsi în unele cazuri, între stratul de uzură și stratul de bază.

La interfața dintre îmbrăcămintă și stratul de bază poate fi prevăzut interstratul, cu sarcina de a încetini transmiterea la suprafață a fisurilor din stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.

Caracteristicile funcționale ale drumului depind într-o largă măsură de natura și de starea îmbrăcămintii rutiere, aportul structural fiind în general redus, cu excepția cazului în care aceasta constituie singurele straturi alcătuite din materiale coezive.

Obiectivele care se iau în considerare la alegerea îmbrăcăminții rutiere pot fi împărțite în următoarele grupuri:

- siguranța și confortul utilizatorilor, care sunt în corelație directă cu caracteristicile suprafeței de rulare;
- menținerea integrității structurii rutiere, prin protejarea acesteia împotriva pătrunderii apelor provenite din precipitații;
- impactul asupra mediului înconjurător, prin împiedicarea procesului de poluare a apelor superficiale și prin luarea în considerare a necesității reducerii zgomotului produs de circulația vehiculelor;
- posibilitățile de regenerare a caracteristicilor funcționale ale suprafeței de rulare.

1.2. Stratul de bază conferă structurii rutiere rezistența mecanică necesară preluării solicitărilor datorate traficului. Acest strat, împreună cu stratul de fundație, repartizează presiunile pe suportul structurii rutiere, astfel încât să mențină starea de solicitare la acest nivel în limite admisibile.

Stratul de bază poate avea următoarele alcătuiți, conform STAS 6400 :

- macadam, conform SR 179;
- macadam semipenetrat și penetrat cu bitum, conform SR 1120;
- piatră spartă împănată cu split bitumat;
- agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici, conform STAS 10473/1;
- agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, conform instrucțiunilor indicativ CD 127;
- mixtură asfaltică, conform SR 7970.

În cazul modernizărilor drumurilor existente, pot fi considerate drept straturi de bază, îmbrăcămințile existente, alcătuite din:

- macadam, conform SR 179;
- macadam semipenetrat și penetrat, conform SR 1120;
- mixtură asfaltică, conform SR 174-1;
- pavaje din pavele normale, pavele abnorme și calupuri, conform SR 6978;

- pavaje din piatră brută sau bolovani, conform STAS 9095.

1.3. Fundația drumului este alcătuită dintr-un strat sau din două straturi de fundație și eventual, dintr-un substrat de fundație

1.3.1. Straturile de fundație au rolul de a transmite pământului de fundare, solicitările datorate traficului. Aceste straturi repartizează presiunile pe suportul structurii rutiere, astfel încât să mențină starea de solicitare la acest nivel în limite admisibile.

Straturile de fundație pot avea următoarele alcătuiți, conform STAS 6400:

- pământ stabilizat mecanic, conform STAS 8840;
- balast, conform SR 662;
- balast amestec optimal, conform SR 662;
- blocaj din piatră brută, conform SR 667;
- piatră spartă mare, sort 63-80, conform SR 667;
- piatră spartă amestec optimal;
- agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici, conform STAS10473/1;
- agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, conform instrucțiunilor indicativ CD 127;

În cazul modernizării drumurilor existente, pot fi considerate drept straturi de fundație:

- straturile obținute prin pietruire;
- îmbrăcămințile existente, conform pct. 1.2.

1.3.2. Substratul de fundație este situat la partea inferioară a fundației drumului.

Alcătuirea substratului de fundație depinde de rolul pe care trebuie să-l îndeplinească și care, conform STAS 6400, dă și denumirea acestuia:

- strat drenant;
- strat anticapilar;
- strat izolant;
- strat termoizolant.

Rolurile substratului de fundație (cu excepția celui de strat termoizolant) pot fi asigurate de stratul inferior de fundație, dacă materialele din alcătuirea acestuia îndeplinesc condițiile necesare. În funcție de alcătuire, substratul de fundație poate sau nu poate fi luat în considerare în calculul de dimensionare a structurii rutiere.

2. Tipurile principale de structuri rutiere

Straturile de bază și de fundație alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau cu lianți puzzolanici sunt caracterizate printr-o rigiditate mult mai mare decât cea a celorlalte straturi.

Comportarea în exploatare diferită a structurilor rutiere care au în alcătuire straturi din agregate naturale stabilizate cu acești lianți de cea a structurilor rutiere cu alcătuire "clasică" a determinat clasificarea diferitelor alcătuiți ale structurilor rutiere cu îmbrăcăminți bituminoase în următoarele tipuri:

- structuri rutiere suple;
- structuri rutiere semirigide.

În contextul tehnicii rutiere din România, aceste tipuri de structuri rutiere sunt caracterizate în mod succint, în modul următor:

- **structurile rutiere suple**, numite și nerigide, comportă o îmbrăcămințe bituminoasă pe straturi de bază și de fundație alcătuite în general din agregate naturale. Variantele de alcătuire a structurilor rutiere suple, în conformitate cu prevederile STAS 6400 sunt date în tabelul IV.2.1.

- **structurile rutiere semirigide** comportă o îmbrăcăminte bituminoasă și au în alcătuire cel puțin un strat din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Variantele de alcătuire a structurilor rutiere semirigide, în conformitate cu prevederile STAS 6400, sunt date în tabelul IV.2.2. Deși în conformitate cu prevederile SR 4032-1, aceste structuri rutiere sunt denumite mixte, în contextul acestui ghid, se va păstra denumirea de semirigide, care este utilizată în majoritatea prescripțiilor tehnice legale în vigoare.

Variantele de alcătuire ale structurilor rutiere sunt în funcție de clasa tehnică a drumului, definită în conformitate cu prevederile Normelor tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice.

Pentru proiectarea lucrărilor de modernizare, de îmbunătățire a condițiilor de circulație, precum și pentru construcțiile noi de drumuri, clasificarea tehnică se face după intensitatea traficului de perspectivă, în conformitate cu tabelul IV.2.3. Perioada de perspectivă recomandată este de 15 ani.

Clasificarea tehnică a drumurilor publice

Tabelul IV.2.3

Clasa tehnică a drumului public	Caracteristicile traficului					Tipul drumului recomandat
	Denumirea intensității traficului	Intensitatea medie zilnică anuală		Intensitatea orară de calcul		
		Exprimată în număr de vehicule				
		Etalon (Autoturisme)	Efective (Fizice)	Etalon (Autoturisme)	Efective (Fizice)	
0	1	2	3	4	5	6
I	Foarte intens	> 21.000	> 16.000	> 3.000	> 2.200	Autostrăzi
II	Intens	11.001-21.000	8.001-16.000	1.401-3.000	1.000-2.200	Drumuri cu patru benzi de circulație
III	Mediu	4.501-11.000	3.501-8.000	550-1.400	400-1.000	Drumuri cu două benzi de circulație
IV	Redus	1.000-4.500	750-3.500	100-550	75-400	
V	Foarte redus	< 1.000	< 750	< 100	< 75	

Încadrarea drumurilor în clase tehnice se face pentru drumurile existente de către unitățile care le administrează, iar pentru drumurile noi, de către unitățile care le vor administra după darea lor în exploatare.

Din punctul de vedere al proiectantului lucrărilor de drumuri, cunoașterea clasei tehnice este necesară la dimensionarea structurii rutiere, nu numai pentru aprecierea modului de alcătuire a acesteia, conform tabelelor IV.2.1 și IV.2.2, ci și pentru stabilirea tipului drumului, respectiv a numărului de benzi de circulație, care determină valoarea coeficientului de repartiție transversală, c_{rt} , implicată în stabilirea traficului de calcul, conform capitolului III.

Modul de alcătuire a structurilor rutiere din aceste tabele este în conformitate cu prevederile STAS 6400 și reprezintă concepția proiectanților din anul elaborării acestui standard și anume, anul 1973. La stabilirea numărului de straturi rutiere și a grosimilor acestora este necesar să fie luate în considerare și următoarele aspecte:

- problemele tehnologice de realizare a unor straturi rutiere cu grosimi minime sau maxime, legate de compactitatea materialelor sau de planeitatea suprafețelor de rulare;
- necesitatea micșorării numărului de straturi rutiere, implicit cel al interfețelor, în scopul reducerii riscurilor unor deficiențe ale aderenței dintre straturi;
- încetinirea procesului de transmitere la suprafața îmbrăcăminții rutiere a fisurilor de contracție termică din straturile din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.

Structuri rutiere supl

Tabelul IV.2.1

STRATURI DE FUNDATIE		STRAT DE BAZA		IMBRACAMINTE					Grosimi minime constructive, cm
Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	I	II	III	IV	V	
Balast	15	Macadam	8	—	—	—	da	da	4 la covor 9 în două straturi
		Mixtură asfaltică	5	—	—	—	da	da	
		—	—	—	—	—	—	da	
Un strat inferior din balast sau din pământ stabilizat mecanic și un strat superior din balast-amestec optimal	10 pentru stratul inferior 10 pentru stratul superior	Macadam	8	—	—	—	da	da	
		Macadam semipenetrat sau penetrat cu bitum	8	—	da	da	da	—	
		—	—	—	—	—	da	da	
Un strat inferior din balast și un strat superior din piatră spartă mare, sort 63-80 sau piatră spartă, amestec optimal	10 pentru stratul inferior 12 pentru stratul superior	Macadam	8	—	—	—	da	da	
		Macadam semipenetrat sau penetrat cu bitum	8	—	da	da	da	—	
		Mixtură asfaltică	5	da	da	da	da	—	
Un strat inferior din balast, un strat mijlociu din blocaj de piatră brută și un strat de egalizare de piatră spartă	10 pentru stratul inferior 21 pentru stratul mijlociu (inclusiv 5 cm nisip) 6 pentru stratul de egalizare	—	—	—	—	da	—	—	
		Macadam	8	—	da	da	—	—	
		—	—	—	—	—	—	—	
		Mixtură asfaltică	5	—	da	da	—	—	

Structuri rutiere semirigide

Tabelul IV.2.2

STRATURI DE FUNDATIE		STRAT DE BAZA		IMBRACAMINTE BITUMINOASA					
Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	Mod de alcătuire	Grosimi minime constructive, cm	Clasa tehnică					Grosimi minime constructive, cm
				I	II	III	IV	V	
Balast	15	Agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	12	-	-	da	da	da	9* pentru clasele IV și V 10* pentru clasa III
Un strat inferior din balast și un strat superior din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	10 pentru stratul inferior 12 pentru stratul superior	Mixtură asfaltică	5	da	da	da	da	da	9* pentru clasele III - V 10* pentru clasele I și II
		Piatră spartă împănată cu split bitumat	9	-	-	da	da	da	8*
		Agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici	12	-	-	da	da	-	9* pentru clasa IV 10* pentru clasa III 15 pentru clasele I și II

Notă: *cu riscul manifestării fisurării reflective.

3. Mecanisme de funcționare și de degradare ale tipurilor de structuri rutiere

Mecanisme de funcționare și de degradare ale celor două tipuri de structuri rutiere sunt prezentate succint în acest capitol. Mecanisme de degradare și măsurile de prevenire și de remediere ale acestor degradări fac obiectul normativului indicativ AND 547.

3.1. Structuri rutiere suple

- *Capacitatea de preluare a solicitărilor datorate traficului*

Agregatele naturale din alcătuirea fundației drumului au o rigiditate scăzută, care depinde de cea a pământului de fundare și de grosimea stratului de fundație. În cazurile în care îmbrăcămintea bituminoasă are o grosime mică, solicitările verticale provenite din trafic sunt transmise suportului structurii rutiere cu o repartiție laterală redusă. Tensiunile verticale de compresiune cu valori mari la nivelul patului drumului sau la cel al stratului de fundație din balast determină acumularea deformațiilor permanente la aceste niveluri, proces care favorizează producerea deformațiilor permanente ale suprafeței drumului. Straturile bituminoase sunt supuse unor solicitări repetate de încovoiere, cu amplitudine mare, care conduc la degradarea prin oboseală a acestora.

- *Influența condițiilor climaterice și hidrologice*

Rigiditatea relativ redusă a acestor structuri rutiere determină sensibilitatea deosebită a capacității portante a acestor drumuri la variația regimului hidrologic al terasamentelor rutiere. Aceasta se manifestă în general prin efecte de "margine", reducerea capacității portante putând conduce la apariția de fisuri și faianțări. Reducerea capacității portante asociată cu variația regimului hidrologic al pământurilor de fundare coezive este cu atât mai importantă cu cât condițiile de evacuare a apelor superficiale și impermeabilitatea suprafeței de rulare sunt mai rele.

- *Evoluția procesului de degradare*

Procesul de degradare se manifestă în mod frecvent prin apariția unor deformații permanente sub formă de denivelări și fâgașe longitudinale, care influențează planeitatea suprafeței de rulare.

Amplitudinea și suprafața acestor deformații permanente se accentuează pe măsura acumulării traficului, în funcție de calitatea medie a structurii rutiere și de dispersia caracteristicilor mecanice ale straturilor rutiere și ale pământului de fundare.

Solicitățile la încovoiere repetată a straturilor bituminoase produc degradarea prin oboseală a acestora, care se manifestă prin fisuri, la început izolate, care evoluează puțin câte puțin, către faianțări.

Apa care se infiltrează mai ușor prin fisuri, accelerează aceste procese, prin degradarea marginilor fisurilor și crăpăturilor, apoi prin formarea gropilor în îmbrăcămintea bituminoasă. Lipsa unor lucrări de întreținere adecvate poate conduce la distrugerea completă a structurii rutiere.

Unele aspecte ale suprafeței degradate sunt date în anexa 2.

3.2. Structuri rutiere semirigide

- *Capacitatea de preluare a solicitărilor datorate traficului*

Stabilizarea cu lianți hidraulici sau puzzolanici a agregatelor naturale conferă straturilor alcătuite din aceste materiale o rigiditate ridicată, care determină tensiuni reduse transmise la nivelul patului drumului. În schimb, straturile stabilizate sunt supuse la solicitări mari de întindere prin încovoiere.

În cazul în care structura rutieră comportă două straturi din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici (stratul de bază și stratul superior de fundație), aderența dintre aceste straturi asigură continuitatea deplasărilor, tensiunea de întindere maximă fiind observată la partea inferioară a stratului de fundație. În caz contrar (când se produce o alunecare relativă), ambele straturi din agregate naturale stabilizate lucrează la întindere prin încovoiere la baza lor.

Interfața îmbrăcăminte bituminoasă - strat de bază stabilizat reprezintă de asemenea o zonă slabă, deoarece este supusă unor tensiuni verticale de compresiune și orizontale de tăiere.

- *Influența condițiilor climaterice și hidrologice*

Straturile alcătuite din agregate naturale stabilizate prezintă contracții datorate prizei liantului și termice. Contracțiile, împiedecate de frecarea stratului pe suportul acestuia, provoacă fisurarea transversală a stratului, fisurile fiind propagate în timp la suprafața îmbrăcăminte rutiere, proces denumit "fisurare reflectivă". Aceste fisuri de contracție apar la suprafață la distanțe destul de regulate (între 5 m și 15 m), deschiderea lor variind în funcție de temperatură, între câteva zecimi de milimetru și câțiva milimetri. Sub acțiunea traficului, fisurile de contracție au tendința să se dubleze sau să se ramifice.

Din punct de vedere mecanic, aceste discontinuități creează, în apropierea lor, o creștere a tensiunilor orizontale produse la trecerea vehiculelor, față de cele produse într-un mediu continuu. Această creștere este în funcție inversă de calitatea transferului de sarcină între cele două margini ale fisurii. Un transfer redus are drept consecință și creșterea tensiunilor verticale pe suportul structurii rutiere.

Fisurile de contracție favorizează pătrunderea apei în structura rutieră, care are drept consecințe:

- o reducere a aderenței la interfețe, o creștere a deformațiilor specifice de întindere la baza îmbrăcăminte bituminoase și a tensiunilor de întindere la baza straturilor stabilizate, ca și o modificare a condițiilor de rezemare a structurii rutiere pe suportul acesteia;

- o înrăutățire a transferului de sarcină la fisuri, prin creșterea tensiunilor de întindere la baza stratului stabilizat și a tensiunilor de compresiune pe stratul suport al structurii rutiere și favorizarea procesului de atriție.

- *Evoluția procesului de degradare*

Drumurile care au în alcătuire doar stratul de bază din agregate stabilizate cu ciment prezintă în general o evoluție rapidă a degradărilor, datorită procesului de atriție la marginea fisurilor, conjugat cu pătrunderea apei. Acest proces antrenează apariția la suprafață, în perioadele umede, a noroiului și evoluția rapidă a degradărilor, sub formă de faianțări în plăci.

Grosimile minime constructive ale îmbrăcăminte bituminoase prevăzute în tabelul IV.2.2 sunt insuficiente în cazurile în care stratul de bază este alcătuit dintr-un strat din agregate naturale stabilizate cu ciment. Adoptarea acestui mod de alcătuire a structurii rutiere pentru drumurile care se încadrează în clasele tehnice III și IV presupune asumarea riscului de apariție la suprafața îmbrăcăminte bituminoase a fisurilor de contracție termică, la un interval de 2..3 ani de la darea în exploatare a drumului. Utilizarea lianților puzzolanici la stabilizarea agregatelor naturale prezintă avantajul întârzierii acestui proces de degradare.

Adoptarea unor soluții moderne de întârziere a fisurării reflective a îmbrăcăminte bituminoase a structurilor rutiere semirigide (prefisurarea stratului stabilizat sau prevederea de interstraturi, de exemplu, materiale geosintetice, la interfața dintre stratul bituminos și cel din agregate naturale stabilizate cu ciment) permite reducerea grosimii totale a straturilor bituminoase.

Unele aspecte ale suprafeței degradate sunt date în anexa 2.

3.3. Strategia de alegere a tipului de structură rutieră

Alegerea tipului de structură rutieră face parte integrantă din studiul optimizării strategiei de investiție și de întreținere a drumului respectiv, în cadrul rețelei de drumuri. Complexitatea unui astfel de studiu face ca acesta să nu poată constitui unul dintre obiectivele acestui ghid tehnic. Alegerea unuia dintre cele două tipuri de structuri rutiere impune luarea în considerare următoarelor aspecte determinante:

- structurile rutiere suple și semirigide, fiind alcătuite din materiale cu caracteristici mecanice diferite, nu pot fi strict echivalente din punctul de vedere al evoluției în timp a stării tehnice, chiar dacă în dimensionare a fost implicat un același trafic de calcul;
- structurile rutiere suple prezintă o stare tehnică inițială corespunzătoare, dar care tind adesea să se înrăutățească repede sub solicitările traficului, ceea ce nu este compatibil cu necesitatea de a se asigura caracteristicilor funcționale, corespunzătoare unui trafic în condiții de siguranță și de confort. Acest tip de structură rutieră corespunde drumurilor din clasele tehnice III...V, în cadrul unei strategii de investiție inițial redusă, urmată de o întreținere de tip curativ;
- structurile rutiere semirigide prezintă o evoluție a stării tehnice, care este determinată de grosimea totală a straturilor bituminoase, care joacă un rol deosebit în asigurarea etanșeității structurii rutiere. Caracteristicile lor mecanice și evoluția lentă a stării tehnice determină ca acest tip de structură rutieră să corespundă drumurilor din clasele tehnice I...III, în cadrul unei strategii de investiție inițială mare, urmată de o întreținere de tip preventiv;
- costul ridicat al transporturilor determină utilizarea materialelor de construcție rutiere situate la distanțe cât mai reduse. În acest sens, utilizarea unor materiale locale (deșeuri de carieră, zgură de haldă, cenușă de termocentrală) sau a tehnicilor de stabilizare a agregatelor naturale cu lianți puzzolanici (zgură granulată, cenușă de termocentrală sau tuf vulcanic măcinat) trebuie să capete alte dimensiuni;

Capitolul V

SUPORTUL STRUCTURII RUTIERE

1. Funcțiunile suportului structurii rutiere
2. Terasamentele rutiere
3. Straturile de formă
4. Proprietăți de comportare

1. Funcțiunile suportului structurii rutiere

Suportul structurii rutiere este alcătuit din terasamente, definite drept totalitatea lucrărilor de pământ executate în scopul transmiterii terenului de fundare, a solicitărilor produse de circulația autovehiculelor. Terasamentele sunt alcătuite din pământuri de fundare și eventual, dintr-un strat de formă.

Terasamentele rutiere pot fi alcătuite în conformitate cu prevederile STAS 2914 și din deșeuri de carieră sau din alte materiale de umplură (cenușă de termocentrală, zgură brută de furnal înalt).

Suprafața amenajată a terasamentelor rutiere, pe care se execută structura rutieră, se numește patul drumului.

Suportul structurii rutiere trebuie să îndeplinească următoarele funcțiuni:

- protejarea terenului de fundare contra intemperiilor și preluarea, în perioada construirii drumului, a circulației utilajelor de șantier;
- preluarea, pe perioada duratei de serviciu a drumului, a solicitărilor datorate traficului, în interdependență cu influența factorilor climaterici.

Îndeplinirea acestor funcțiuni impune diferențierea condițiilor tehnice de calitate pe care trebuie să le îndeplinească terasamentele rutiere și anume:

- condiții tehnice pe termen scurt, asociate cu construcția drumului;
- condiții tehnice pe termen lung, asociate cu dimensionarea structurii rutiere.

Pe termen scurt, suportul structurii rutiere trebuie să prezinte caracteristici minime:

- de traficabilitate, pentru asigurarea pe perioada execuției structurii rutiere, a circulației utilajelor de construcție și a vehiculelor de transport ale materialelor rutiere;
- de nivelment, pentru a garanta uniformitatea grosimii structurii rutiere;
- de deformabilitate, pentru a permite compactarea corespunzătoare a straturilor rutiere.

Pe termen lung, suportul structurii rutiere trebuie să prezinte o capacitate portantă minimă, definită de valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic* implicată în dimensionarea structurii rutiere, corespunzătoare tipului climateric al zonei în care se situează drumul, regimului hidrologic al complexului rutier și tipului de pământ.

*Termenul **modul de elasticitate dinamic** este sinonim celui de modul de rigiditate sau modul de elasticitate utilizat în literatura tehnică străină de specialitate. Utilizarea acestui termen în literatura tehnică de specialitate din țara noastră ia în considerare istoricul evoluției metodologiei de dimensionare, care după utilizarea modului de deformare al materialelor din straturile rutiere, a trecut la utilizarea modului de elasticitate determinat în laborator sub acțiunea unor sarcini statice, apoi la cea a modului de elasticitate dinamic. Cu timpul este de dorit să se renunțe la precizarea suplimentară **dinamic**.

2. Terasamentele rutiere

2.1. Identificarea materialelor pentru terasamente

2.1.1. Pământuri naturale

Calitatea pământurilor ca materiale pentru terasamente variază între “foarte rea” și “foarte bună”, în conformitate cu prevederile STAS 2914.

Clasificarea și identificarea pământurilor se face în funcție de principalele caracteristici fizice și mecanice ale acestora. Principiile fundamentale privind identificarea, descrierea și clasificarea pământurilor sunt stabilite în prezent de SR EN ISO 14688-1 și SR EN ISO 14688-2, ultimul înlocuind STAS 1243. Pământurile naturale se împart în trei grupe principale:

- pământ foarte grosier, cu mărimea particulelor mai mare de 63 mm clasificat drept blocuri mari (>630 mm), blocuri (200 mm...630 mm) și bolovăniș (63 mm...200 mm);

- pământ grosier, cu mărimea particulelor cuprinsă între 0,063 mm și 63 mm clasificat drept pietriș (2 mm...63 mm) și nisip (0,063 mm...2 mm);
- pământ fin, cu mărimea granulelor cuprinsă între 0,002 mm și 0,063 mm, clasificat drept praf (0,002 mm ...0,063 mm) și argilă (<0,002 mm). Acest tip de pământ este denumit și coeziv.

În funcție de procente diferitele fracțiuni granulare, SR EN ISO 14688-2 propune clasificarea din tabelul V.2.1.

Valori orientative pentru pământurile naturale în funcție de procentul diferitelor fracțiuni granulare

Tabelul V.2.1

Fracțiunea granulometrică	Procent masic al fracțiunii granulare a materialului ≤ 63 mm	Procent masic al fracțiunii granulare a materialului ≤ 0,063 mm	Denumirea pământului	
			Termen complementar	Termen principal
Pietriș	de la 20 până la 40 > 40		cu pietriș	pietriș
Nisip	de la 20 până la 40 > 40		nisipos	nisip
Praf + argilă	de la 5 până la 15	< 20	puțin prăfos	praf praf argilă argilă
		≥ 20	puțin argilos	
	de la 15 până la 40	< 20	prăfos	
		≥ 20	argilos	
	> 40	< 10		
		dela 10 până la 20	argilos	
		dela 20 până la 40	prăfos	
		> 40		

Fracțiunile granulare groșiere sunt clasificate și în funcție de forma curbei granulometrice și anume, în funcție de factorul de curbura granulometrică (C_C) și de coeficientul de uniformitate granulometrică (C_U), conform tabelului V.2.2.

Forma curbei granulometrice

Tabelul V.2.2

Forma curbei granulometrice	C_U	C_C
Bine gradată	> 15	$1 < C_C < 3$
Mediu gradată	de la 6 până la 10	< 1
Rău gradată	< 6	< 1
Discontinuu	în general ridicat	variabil (în general < 0,5)

În acest tabel:

- coeficient de uniformitate granulometrică, $C_U = d_{60}/d_{10}$;

- factor de curbura granulometrică, $C_C = (d_{30})^2 / (d_{10} \cdot d_{60})$;

în care d_{10} , d_{30} și d_{60} reprezintă dimensiunile particulelor care corespund conținutului de 10%, 30% și 60% din masa procentuală care trece.

Condițiile tehnice generale de calitate pentru terasamentele drumurilor publice și străzilor fac obiectul STAS 2914, care nu este corelat cu normele europene. Conform acestui standard, calitatea pământurilor ca materiale pentru terasamente variază între "foarte bună" și "foarte rea", conform tabelelor V.2.3a și V.2.3b.

Caracteristicile geotehnice ale pământurilor implicate în clasificarea lor se stabilesc în conformitate cu prevederile următoarelor prescripții tehnice legale în vigoare:

- granulozitatea, conform STAS 1913/5;
- coeficientul de neuniformitate, U_n , similar cu coeficientul de uniformitate granulometrică, C_U ;
- limitele de plasticitate, conform STAS 1913/4;
- umflarea liberă, conform STAS 1913/12;
- sensibilitatea la îngheț, conform STAS 1709/2 și STAS 1709/3;

- conținutul de materii organice, conform STAS 7107/1.;
- conținutul de săruri solubile în apă, conform STAS 7107/3.

Sensibilitatea la îngheț a pământului se stabilește pe baza criteriului granulometric, conform tabelului V.2.4.

Gradul de sensibilitate la îngheț a pământurilor, în funcție de granulozitatea acestora

Tabelul V.2.4

Gradul de sensibilitate la îngheț a pământurilor	Denumirea pământului conform STAS 1243	Tipul pământului	Granulozitate	
			Diametrul particulelor mm	Procente din masa totală a probei
Insensibile	Pietriș cu nisip	P ₁	sub 0,002 sub 0,02 sub 0,1	sub 1 sub 10 sub 20
Sensibile	Pietriș cu nisip	P ₂	sub 0,002 sub 0,02 sub 0,1	1...6 10...20 20...40
	Nisip, nisip prăfos	P ₃		
	Argilă grasă	P ₅		
Foarte sensibile	Nisip răfos, nisip argilos	P ₃		
	Prăf, prăf nisipos, prăf nisipos argilos, prăf argilos	P ₄	sub 0,002 sub 0,02 sub 0,1	peste 6 peste 20 peste 40
	Argilă nisipoasă, argilă prăfoasă, argilă prăfoasă argiloasă	P ₅		

Criteriul granulometric pentru stabilirea gradului de sensibilitate la îngheț a pământurilor se utilizează în cazul celor care au minimum 90% fracțiuni sub 2 mm. În cazurile în care conținutul de fracțiuni mai mari de 2 mm depășește 10%, curba granulometrică se recalculează, considerând 100% materialul care trece prin ciurul de 2 mm, după care se aplică criteriul granulometric.

În cazul pământurilor care nu respectă toate condițiile din tabelul V.2.4, gradul de sensibilitate la îngheț va fi determinat de conținutul de fracțiuni sub 0,002 mm.

Stabilirea gradului de sensibilitate la îngheț a pământurilor se stabilește prin determinarea în laborator a coeficientului de umflare la îngheț, C_u și a indicelui de consistență a pământului, I_c , după dezgheț, în conformitate cu prevederile STAS 1709/3.

Gradul de sensibilitate la îngheț se stabilește în funcție de valorile acestor parametri, cu ajutorul tabelului V.2.5.

Gradul de sensibilitate la îngheț a pământurilor, în funcție de parametrii comportării la îngheț

Tabelul V.2.5

Gradul de sensibilitate la îngheț a pământurilor	Coeficientul de umflare la îngheț, C_u %	Indicele de consistență a pământului după dezgheț, I_c
Insensibile	sub 2%	peste 0,75
Sensibile	2...8	0,50...0,75
Foarte sensibile	peste 8	sub 0,50

În cazul în care cei doi parametri conduc la grade de sensibilitate la îngheț diferite se adoptă sensibilitatea la îngheț cea mai mare.

În raport cu situarea platformei drumului față de linia terenului natural, terasamentele se execută:

- în rambleu sau în umplutură;

- în debleu sau în săpătură;
- în profil mixt;
- la nivelul terenului..

Deoarece calitatea pământurilor ca materiale pentru terasamente este variabilă, este necesar să se rețină următoarele:

- în rambleuri nu se folosesc pământuri de consistență scăzută ca: mълuri, nămoluri, pământuri turboase cu conținut de săruri solubile în apă mai mare de 5%, bulgări de pământ sau pământuri cu substanțe putrescibile (brazde, crengi, rădăcini, etc.);
- la debleuri sau la nivelul terenului, în cazul existenței unor pământuri argiloase cu simbolurile 4d, 4e, 4f, deci a căror calitate este rea și foarte rea, acestea vor fi înlocuite cu pământuri cu calitate mediocră sau vor fi stabilizate mecanic, tratate cu var sau stabilizate cu lianți puzzolanici, pe următoarele grosimi:
 - minimum 15 cm în cazul pământurilor simbol 4d;
 - minimum 20 cm în cazul pământurilor simbol 4e;
 - minimum 50 cm în cazul pământurilor simbol 4f.
- în cazul utilizării în rambleuri a pământurilor argiloase cu simbolurile 4d sau 4e, a căror calitate este rea, este necesar ca soluția de punere în operă și eventualele măsuri de îmbunătățire a calității acestora să fie fundamentate pe considerente tehnico-economice;
- pământurile necoezive se pun în operă la partea superioară a rambleurilor și se aștern în mod obligatoriu în straturi plane pe toată lățimea rambleului. Se va evita formarea în rambleu a unor punți din pământuri necoezive, care ar favoriza adunarea apelor de infiltrație.

2.1.2. Deșeuri de carieră

Deșeurile de carieră pot constitui materiale pentru rambleuri, cu condiția ca granulozitatea acestora să fie continuă, astfel încât să permită realizarea unei umpluturi cu volum redus de goluri.

Normativul indicativ C 182 prevede ca umpluturile alcătuite exclusiv din deșeuri de carieră să se execute cu materiale de dimensiuni descrescând de jos în sus, până la dimensiuni care să împiedice antrenarea în adâncime a agregatelor naturale din stratul inferior al structurii rutiere.

De asemenea, STAS 2914 prevede că la realizarea umpluturilor cu înălțimi mari (peste 3,00 m) la baza acestora pot fi folosite blocuri de piatră cu dimensiuni sub 0,50 m, cu condiția respectării următoarelor măsuri:

- împănarea golurilor cu pământ;
- asigurarea tasărilor în timp;
- realizarea unei umpluturi omogene din pământ de calitate corespunzătoare pe cel puțin 2,00 m grosime la partea superioară a rambleului.

Calitatea pământurilor necoezive ca materiale pentru terasamente

Tabelul V.23a

Denumirea și caracterizarea principalelor tipuri de pământuri	Simbol	Granulozitate			Coeficient de neuniformitate, U_n	Indice de plasticitate I_p pentru fracțiunea sub 0,5 mm	Umflarea liberă, U_L	Calitate ca material pentru terasamente
		Conținutul în părți fine în % din masa totală pentru:						
		$d < 0,005$ mm	$d < 0,05$ mm	$d < 0,25$ mm				
1. Pământuri necoezive grosiere (fracțiunea mai mare de 2 mm reprezintă mai mult de 50 %) Blocuri, bolovăniș, pietriș	1a	cu foarte puține părți fine, neuniforme (granulozitate continuă); insensibile la îngheț-dezghet și la variațiile de umiditate			> 5	0	—	Foarte bună
	1b	idem 1a, însă uniforme (granulozitate discontinuă)			≤ 5			
2. Pământuri necoezive medii și fine (fracțiunea mai mică de 2 mm reprezintă mai mult de 50 %) Nisip cu pietriș, nisip mare, mijlociu sau fin	2a	cu părți fine, neuniforme (granulozitate continuă) sensibilitate mijlocie la îngheț-dezghet, insensibile la variațiile de umiditate			> 5	≤ 10	—	Foarte bună
	2b	idem 2a, însă uniforme (granulozitate discontinuă)			≤ 5			
3. Pământuri necoezive medii și fine (fracțiunea mai mică de 2 mm reprezintă mai mult de 50 %) cu liant constituit din pământuri coezive Nisip cu pietriș, nisip mare, mijlociu sau fin cu liant prăfos sau argilos	3a	cu multe părți fine; foarte sensibile la îngheț-dezghet, fracțiunea fină prezintă umflare liberă (respectiv) contracție redusă			—	≥ 10	≤ 40	Mediocră
	3b	idem 3a însă fracțiunea fină prezintă umflare liberă medie sau mare						

Calitatea pământurilor coezive ca material pentru terasamente

Tabelul V.2.3b

Denumirea și caracterizarea principalelor tipuri de pământuri		Simbol	Plasticitatea conform nomogramei Casagrande	Indicele de plasticitate I_p pentru fracțiunea sub 0,5 mm	Umflarea liberă U_L , %	Calitatea ca material pentru terasamente
4. Pământuri coezive: nisip prăfos, praf nisipos, nisip argilos, praf, praf argilos nisipos, praf argilos, argilă prăfoasă nisipoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă, argilă, argilă grasă	anorganice, cu compresibilitate și umflare liberă redusă, sensibilitate mijlocie la îngheț-dezghet	4a	The nomogram plots Plasticity Index (I_p) on the y-axis (0 to 70) against Liquid Limit (w_L) on the x-axis (0 to 100). A diagonal line is labeled $I_p = 0.73 \times (w_L - 40)$. Two horizontal lines are marked at $w_L = 50\%$ and $w_L = 30\%$. Classification points are circled: 4a is at $I_p \approx 25, w_L \approx 15$; 4b is at $I_p \approx 35, w_L \approx 45$; 4c is at $I_p \approx 25, w_L \approx 65$; 4d is at $I_p \approx 55, w_L \approx 55$; 4e is at $I_p \approx 25, w_L \approx 85$; 4f is at $I_p \approx 45, w_L \approx 95$.	< 10	< 40	Mediocră
	anorganice, cu compresibilitate mijlocie, umflare liberă redusă sau medie, foarte sensibile la îngheț-dezghet	4b		< 35	< 70	Mediocră
	organice, ($MO > 5\%$)* cu compresibilitate și umflare liberă redusă și sensibilitate mijlocie la îngheț-dezghet	4c		≤ 10	< 40	Mediocră
	anorganice, cu compresibilitate și umflare liberă mare, sensibilitate mijlocie la îngheț-dezghet	4d		> 35	> 70	Rea
	organice ($MO > 5\%$)*, cu compresibilitate mijlocie, umflare liberă redusă sau medie, foarte sensibile la îngheț-dezghet	4e		< 35	< 75	Rea
	organice ($MO > 5\%$)*, cu compresibilitate mare, umflare liberă medie sau mare, foarte sensibile la îngheț-dezghet	4f		-	> 40	Foarte rea

Notă: *MO - materi organică

2.1.3. Cenușa de termocentrală

Cenușa de termocentrală poate constitui un material pentru terasamente, a cărei utilizare poate prezenta avantaje economice, la anumite distanțe transport al acesteia.

Prin cenușă de termocentrală se înțelege reziduurile care rezultă din arderea cărbunilor energetici, în focarele centralelor termo-electrice și care sunt depozitate pe cale hidraulică, în halde.

Deși prescripțiile tehnice pentru execuția rambleurilor din cenușă de termocentrală și anume, instrucțiunile indicativ CD 129 au avut un caracter experimental pe o durată de un an, și anume anul 1980, avantajele tehnice și economice pe care le prezintă utilizarea acestor deșeurii a determinat menționarea în acest ghid și a condițiilor pe care trebuie să le prezinte aceste materiale pentru a fi utilizate la execuția rambleurilor, cu atât mai mult cu cât STAS 2914 prevede utilizarea lor la terasamentele rutiere.

Cenușa de termocentrală prezintă următoarele caracteristici:

- compoziția chimică:

- 41,0...55,0 % SiO_2 ;
- 18,0...28,0 % Al_2O_3 ;
- 8,0...13,0 % Fe_2O_3 ;
- 1,0...10,0 % CaO ;
- 1,0...10,0 % MgO ;

- granulozitatea se înscrie între anumite limite:

- fracțiuni sub 2 mm 100 %;
- fracțiuni sub 0,5 mm 75...100 %;
- fracțiuni sub 0,071 mm 10...75 %;

- umiditatea naturală 25...40 %;

- umiditatea optimă de compactare Proctor normal 25...51 %;

- densitatea aparentă:

- în stare afânată 0,58...0,92 g/cm^3 ;
- în stare îndesată 0,79...1,15 g/cm^3 ;

- gradul de sensibilitate la îngheț sensibil

- unghiul de frecare interioară 28...44 %.

Referitor la execuția rambleurilor din cenușă de termocentrală, este necesar să se precizeze următoarele:

- în zonele inundabile, cu nivel ridicat al apei freactice, la baza umpluturii din cenușă de termocentrală se execută un strat drenant din balast, în grosime de minimum 20 cm, după compactare;
- umplutura de cenușă de termocentrală va constitui miezul rambleului, acostamentele și taluzurile fiind îmbrăcate cu pământ pe o grosime de minimum 0,50 m. În acest scop, se execută treptat, din pământuri necoezive, conform tabelului 5.3a, în straturi cu înălțimea de minimum 0,25 m, părțile laterale ale rambleului, pe o lățime de minimum 0,50 m, între care se execută umplutura din cenușă de termocentrală;
- execuția umpluturii se face în flux continuu. În caz de excepție, dacă lucrările se întrerup pentru o perioadă mai mare de 5 zile, pentru evitarea poluării mediului înconjurător sau pe timp de ploaie, în vederea evitării umezirii excesive a cenușii, se recomandă stropirea suprafeței stratului cu emulsie bituminoasă cu rupere rapidă în cantitate de 0,5...1,0 l/m^2 ;
- se recomandă ca la partea superioară a rambleului, pe o grosime de minimum 10 cm, cenușa de termocentrală să fie tratată cu 2...4 % var hidratat în pulbere, care să corespundă prescripțiilor tehnice;
- înclinarea taluzurilor va fi mai mică decât cea prevăzută în STAS 2914 și anume:
 - pentru înălțimi ale rambleurilor de maximum 7 m 1 : 1,5

- pentru înălțimi ale rambleurilor cuprinse între 7 m și 12 m, 1 : 1,5 până la 7 m (de la nivelul superior al rambleului în jos) și 1 : 1,75 pentru restul rambleului;
- pentru înălțimi ale rambleurilor mai mari de 12 m, precum și la cele situate în albiile majore ale râurilor, văilor și bălților, unde terenul de fundare este alcătuit din pământuri prăfoase sau argiloase, înclinarea taluzelor se stabilește pe baza unui calcul de stabilitate, cu un coeficient de stabilitate de 1,3...1,5.

2.2. Condițiile de calitate ale terasamentelor rutiere

Stabilitatea terasamentelor rutiere și capacitatea acestora de a prelua solicitările datorate traficului, în corelație cu influența factorilor climaterici este în funcție de gradul de compactare al pământului de fundare și de umiditatea acestuia. Astfel, în vederea asigurării unei bune comportări în exploatare a drumurilor, prevederile STAS 2914 impun realizarea unui grad de compactare minim, în funcție de zona terasamentului și de tipul pământului.

Gradul de compactare, D , exprimat ca raportul dintre densitatea în stare uscată a pământului din lucrare, ρ_d și densitatea în stare uscată maximă, $\rho_{d \max}$ a acestuia, determinată în laborator prin încercarea Proctor normală conform STAS 1913/13, trebuie să aibă valorile minime necesare în conformitate cu tabelul V.2.6.

Valorile minime necesare ale gradului de compactare

Tabelul V.2.6

Zonele din terenul naturat și din terasamente la care se prescrie gradul de compactare	Pământuri	
	Grosiere (necoezive)	Fine (coezive)
	Gradul de compactare minim, %	
Primii 0,30 m ai terenului natural de sub un rambleu cu înălțimea h de:		
$h \leq 2,00$ m	100	97
$h > 2,00$ m	95	92
In corpul rambleului la adâncimea d sub patul drumului:		
$d \leq 0,50$ m	100	100
$0,50 < d \leq 2,00$ m	100	97
$d > 2,00$ m	95	92
In debleu, pe adâncimea de 0,30 m sub patul drumului	100	100

Abaterile limită la gradul de compactare este de 4% și se acceptă în maximum 10% din numărul punctelor de verificare.

Realizarea gradului de compactare necesar implică cunoașterea caracteristicilor de compactare ale pământului, care se determină prin încercarea Proctor normală, conform STAS 1913/13 și corespund domeniului umed al curbei Proctor.

Caracteristicile de compactare sunt:

$\rho_{d \max}$ - densitatea în stare uscată maximă, în domeniul umed;

w_{opt} - umiditatea optimă de compactare, în domeniul umed.

Umiditatea optimă Proctor normală, corespunzătoare domeniului umed variază în funcție de tipul pământului, în limitele prevăzute în tabelul V.2.7.

Pentru realizarea gradului de compactare este necesar ca umiditatea pământului pus în operă să fie cât mai apropiată de umiditatea optimă de compactare, admițându-se următoarele abateri:

- $\pm 1...2$ procente de umiditate în cazul pământurilor necoezive;
- $\pm 3...4$ procente de umiditate în cazul pământurilor coezive.

Limitele de variație ale umidității optime de compactare

Tabelul V.2.7

Denumirea pământului conform STAS 1243	w_{opt} , %
Pietriș	4...8
Nisip	8...11
Nisip prăfos	11...14
Nisip argilos	13...16
Praf nisipos	11...16
Praf	12...16
Praf argilos nisipos	12...16
Praf argilos	14...18
Argilă prăfoasă nisipoasă	16...18
Argilă nisipoasă	14...20
Argilă prăfoasă	16...22
Argilă	16...23
Argilă grasă	20...25

Dacă umiditatea pământului nu se încadrează în aceste intervale este necesar să se adopte măsuri adecvate pentru reducerea sau creșterea umidității, în conformitate cu prevederile normativului indicativ C 182.

Inercarea Proctor normală se poate efectua pe pământuri granulare caracterizate printr-un conținut de fracțiuni mai mari de 31,5 mm de maximum 25%.

Pentru pământurile granulare sau pentru deșeurile de carieră, care nu îndeplinesc această condiție, se consideră realizat 100% grad de compactare, atunci când după un număr de treceri ale utilajului de compactare, acesta nu va mai lăsa urme pe suprafață. Numărul de treceri se stabilește experimental, cu tipul de utilaj care se folosește la compactare.

Gradul de compactare necesar a se realiza la execuția rambleurilor din cenușă de termocentrală este de minimum 95 %.

O altă condiție impusă terasamentelor rutiere, la nivelul superior al acestora, când nu este prevăzut strat de formă sau la nivelul inferior al stratului de formă este referitoare la deformabilitate. Măsurările de deformabilitate se efectuează cu deflectometrele cu pârghie tip Benkelman sau Soiltest, în scopul controlului calității execuției terasamentelor, în conformitate cu prevederile normativului indicativ CD 31. Interpretarea rezultatelor acestor măsurări se efectuează prin examinarea modului de variație pe suprafață a valorii deflexiunii corespunzătoare sarcinii pe osie de 115 kN (d) și a valorii coeficientului de variație (Cv). Se consideră că terasamentul are o calitate corespunzătoare și că se poate trece la următoarea etapă de execuție a complexului rutier, dacă sunt respectate următoarele condiții:

- deflexiunea are valori mai mari decât cea maximă admisibilă, care este în funcție de tipul pământului, conform tabelului V.2.8, dar nu mai mult de 600. 0,01 mm, în cel mult 10% din numărul punctelor de măsurare;
- coeficientul de variație are o valoare mai mică de 40%, deci uniformitatea execuției este corespunzătoare.

Valorile maxime admisibile ale deflexiunii la nivelul superior al terasamentelor

Tabelul V.2.8

Tipul de pământ conform STAS 1243	Valoarea maximă admisibilă a deflexiunii, d_{adm} , 0,01 mm
Nisip prăfos, nisip argilos	350
Praf nisipos, praf argilos-nisipos, praf argilos, praf	400
Argilă nisipoasă, argilă prăfoasă, argilă prăfoasă-nisipoasă, argilă	450

Pentru terasamentele executate din deșeuri de carieră sau din cenușă de termocentrală, prescripțiile tehnice legale în vigoare nu pun condiții referitoare la deformabilitatea la nivelul superior al acestora. Se recomandă următoarele valori maxime admisibile ale deflexiunii:

- deșeuri de carieră $d_{\text{max. adm.}} = 350. 0.01 \text{ mm}$
- cenușă de termocentrală $d_{\text{max. adm.}} = 450. 0.01 \text{ mm}$

Se menționează că interpretarea măsurărilor de deformabilitate se efectuează pe sectoare de maximum 500 m lungime, cu condiția să fie caracterizate printr-un același tip de pământ.

Controlul calității execuției terasamentelor se poate face și prin măsurări de capacitate portantă, prin încărcări directe. Este necesar de reținut faptul că prescripțiile oficiale în vigoare din țara noastră nu prevăd valori minime admisibile pentru nici o caracteristică de capacitate portantă a pământului de fundare. Valoarea unei astfel de caracteristici nu poate fi comparată cu valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare, care este corespunzătoare umidității maxime a acestuia, din perioada de exploatare a drumului, mult diferită de umiditatea optimă de compactare a pământului de fundare, din perioada de execuție a terasamentelor rutiere.

Realizarea calității terasamentelor rutiere reprezintă o condiție indispensabilă asigurării unei bune comportări în exploatare a drumului. Astfel, dacă existența unei anumite deformabilități la nivelul superior al terasamentelor reprezintă o condiție esențială pentru compactarea corespunzătoare a materialelor din stratul de fundație sau eventual, din stratul de formă, obținerea unui anumit grad de compactare reprezintă garanția unei variații sezoniere reduse a umidității pământului de fundare, implicit a unei variații minime a capacității portante a acestuia, pe perioada de exploatare a drumului.

2.3. Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor pentru terasamente

Pentru dimensionarea structurii rutiere o importanță deosebită o prezintă valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate implicate în metoda analitică de calcul și anume, modulul de elasticitate dinamic al materialelor din terasamente, E_p și coeficientul lui Poisson, μ_p . Pentru materialele a căror comportare sub sarcină depinde de umiditate și anume, pământurile fine (coezive), valorile de calcul ale acestor caracteristici sunt corespunzătoare umidității relative maxime, în funcție de tipul climateric al zonei în care se situează drumul, regimului hidrologic al complexului rutier și tipului de pământ. În acest scop, pământurile sunt clasificate în cinci tipuri, conform tabelului V.2.9.

Tipurile de pământ

Tabelul V. 2.9

Grupa de pământ	Tipul de pământ	Clasificare pământurilor	Indicele de plasticitate I_p , %	Frațiunea granulară		
				sub 0,005 mm %	de la 0,05 mm la 0,005 mm %	de la 0,05 mm la 2 mm %
granular	P ₁	Pietriș cu nisip	sub 10	cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P ₂		10...20	cu fracțiuni sub 0,5 mm		
	P ₃	Nisip prăfos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
fin	P ₄	Praf, praf nisipos, praf argilos, praf argilos nisipos	0...25	0...30	35...100	0...50
	P ₅	Argilă, argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă nisipoasă	peste 15	30...100	0...70	0...70

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare sunt date în tabelul V.2.10.

Valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic al pământului de fundare

Tabelul V.2.10

Tipul climateric	Regimul hidrologic	Tipul pământului				
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
		E _p , MPa				
I	1	100	90	70	80	80
	2a			65		75
	2b				70	70
II	1		80	65	80	80
	2a					70
	2b					
III	1		90	60	55	80
	2a		80		50	65
	2b					

Valorile de calcul ale coeficientului lui Poisson sunt date în tabelul V.2.11.

Valorile de calcul ale coeficientului lui Poisson pentru pământuri

Tabelul V.2.11

Tipul de pământ	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Coeficientul lui Poisson, μ_p	0,27	0,30	0,30	0,35	0,42

Tipul climateric al zonei în care este situat drumul se stabilește cu ajutorul hărții cu repartitia tipurilor climaterice pe teritoriul României, din figura V.1.

Regimul hidrologic se diferențiază în funcție de condițiile hidrologice ale complexului rutier, definite conform STAS 1709/2, în modul următor:

- regimul hidrologic 1, corespunzător condițiilor hidrologice **favorabile** ale complexului rutier. Existența acestor condiții hidrologice este condiționată de întrunirea concomitentă a următoarelor situații:
 - îmbrăcăminte cu un indice de evaluare a stării tehnice din punctul de vedere al degradării îmbrăcăminții bituminoase, $I_{ST\ degr.} \geq 0$;
 - acostamente impermeabilizate pe minimum 1,00 m sau pe toată lățimea în cazul acostamentelor cu lățimi sub 1,00 m;
 - șanțuri sau rigole impemeabilizate;
 - scurgerea apelor de pe terenul înconjurător asigurată în tot timpul anului;
 - nivelul cel mai ridicat al apei freatice față de patul drumului este la o adâncime mai mare decât cea critică, h_{cr} , care este în funcție de tipul pământului, astfel:
 - pământuri tip P₁...P₃ $h_{cr} = 1,00$ m;
 - pământuri tip P₄ și tip P₅ argilă nisipoasă $h_{cr} = 3,00$ m;
 - pământuri tip P₅, cu excepția argilei nisipoase $h_{cr} = 5,00$ m;
- regimul hidrologic 2, corespunzător condițiilor hidrologice **mediocre** sau **defavorabile** ale complexului rutier:

Existența condițiilor hidrologice **mediocre** presupune întrunirea concomitentă a următoarelor condiții:

- îmbrăcăminte bituminoasă cu $I_{ST\ degr.} \geq -1$;
- acostamente impermeabilizate pe cel puțin lățimea benzilor de încadrare, conform STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
- șanțuri și rigole impermeabilizate sau neimpermeabilizate, dar cu funcționare corespunzătoare;
- scurgerea apelor de pe terenul înconjurător asigurată în tot timpul anului. În cazul rambleurilor cu înălțime egală sau mai mare de 3 m, apele pot staționa temporar, în zone depresionare;

Repartiția după indicele de
umiditate I_m a tipurilor
climaterice

LEGENDA

I_m		tip climateric I
<-20		tip climateric I
$-20...0$		tip climateric II
$0...20$		tip climateric III
>20		

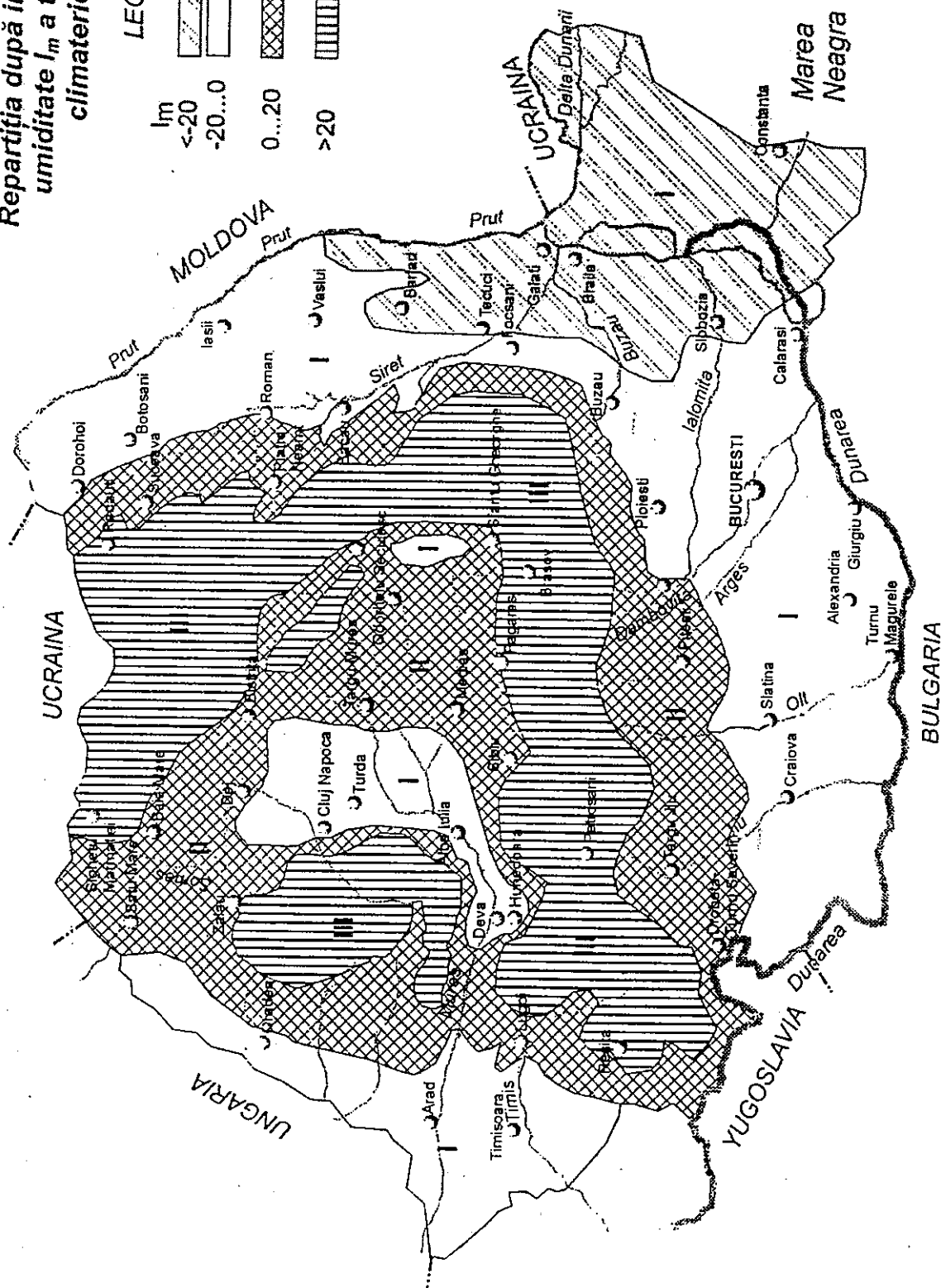


Figura V.1 Harta cu repartiția tipurilor climaterice pe teritoriul României

- nivelul cel mai ridicat al apei freatice față de patul drumului este la o adâncime mai mare decât cea critică;
- existența condițiilor hidrologice **defavorabile** presupune existența a cel puțin uneia din următoarele situații:
 - îmbrăcăminte bituminoasă cu $I_{ST\ degr.} < -1$;
 - șanțuri sau rigole neimpermeabilizate, cu funcționare necorespunzătoare;
 - scurgerea apelor de pe terenul înconjurător drumului este neasigurată, cu excepția drumului situat în rambleu cu înălțimea egală sau mai mare de 3 m; apele staționează temporar în zone depresionare, lipsite de scurgere naturală;
 - nivelul cel mai ridicat al apei freatice față de patul drumului este la o adâncime mai mică decât cea critică.

Regimul hidrologic 2 este notat cu:

- 2a. pentru sectoarele de drum situate în rambleu, cu înălțimea minimă de 1,00m;
- 2b. pentru sectoarele de drum situate în rambleu cu înălțimea sub 1,00m, la nivelul terenului, în profil mixt sau în debleu.

Indicele de evaluare a stării tehnice din punctul de vedere al degradării îmbrăcăminții bituminoase, $I_{ST\ degr.}$ se stabilește în conformitate cu prevederile instrucțiunilor indicativ CD 155, numai în cazul lucrărilor de ranforsare a drumurilor existente.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare din tabelul V.2.10 sunt corespunzătoare stării de umiditate maxime prognozate pentru durata de exploatare, pentru tipurile de pământ și pentru cele trei regimuri hidrologice ale complexului rutier, situate în cele trei tipuri climatice. Starea de umiditate maximă luată în considerare este corespunzătoare unei probabilități de depășire de 15%.

Pe unele sectoare de drum, microclimatul existent și influența condițiilor hidrologice reale pot determina valori de calcul ale modulului de elasticitate dinamic ale pământului de fundare diferite de cele din tabelul V.2.10. Deoarece în aceste cazuri adoptarea în calculul de dimensionare a valorilor din acest tabel poate conduce la subdimensionarea sau la supradimensionarea structurilor rutiere se recomandă efectuarea unor studii de teren în vederea stabilirii valorilor de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare. Modul de efectuare a acestor studii diferă în funcție de tipul lucrării.

În cazul lucrărilor de reabilitare a drumurilor existente, pot fi evidențiate două căi de efectuare a acestor studii.

- Investigarea nedistructivă a drumului, prin măsurări ale deformabilității acestuia cu deflectometre cu sarcină dinamică, de tipul Dynatest sau Phönix și stabilirea prin "back calculation" a valorii modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare în punctele de măsurare. Efectuarea acestor măsurări se efectuează conform prescripțiilor tehnice existente, specifice acestor echipamente. Prelucrarea statistică pe sectoare omogene de drum a valorilor obținute ale modulului de elasticitate dinamic permite stabilirea, pentru o anumită probabilitate (P), a valorilor minime ale modulului de elasticitate dinamic. Se recomandă ca această probabilitate să fie stabilită de comun acord cu beneficiarul lucrării. În general se indică adoptarea unei probabilități de 85%. Metodologia de prelucrare statistică este conform instrucțiunilor indicativ AND 519.
- Determinarea umidității pământului de fundare, prin efectuarea de sondaje în complexul rutier, prelevări de probe de pământ, determinarea caracteristicilor geotehnice ale acestora și calcularea modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare cu ajutorul următoarelor relații:
 - pentru pământuri tip P₃ $E_p = 52,12 (w/w_L)^{-0,321}$ (V.2.1a)
 - pentru pământuri tip P₄ $E_p = 24,32 (w/w_L)^{-1,602}$ (V.2.1b)
 - pentru pământuri tip P₅ $E_p = 40,27 (w/w_L)^{-0,931}$ (V.2.1c)

în care w/w_L reprezintă umiditatea relativă a pământului de fundare. Se recomandă ca sondajele să fie efectuate în puncte situate la distanța de cca. 1,00 m de marginea părții

carosabile și care sunt caracterizate printr-o capacitate portantă redusă a complexului rutier. În acest scop, este de dorit ca poziția sondajelor să fie stabilită în urma examinării variației în lungul drumului a unor deflexiuni măsurate cu deflectometre cu pârghie sau cu sarcină dinamică și anume, în punctele în care deflexiunile prezintă valori apropiate de valoarea deflexiunii caracteristice (d_c).

Prelucrarea statistică pe sectoare omogene de drum a valorilor modulului de elasticitate dinamic permite stabilirea valorii minime a acestei caracteristici de deformabilitate.

Adoptarea în dimensionarea structurilor rutiere a unor valori de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare diferite de cele din tabelul V.2.10 și care au fost stabilite prin una din metodologiile menționate mai sus impune o analiză temeinică a condițiilor hidrologice ale complexului rutier existente în perioada studiilor de teren. Astfel, pot apărea următoarele situații:

- valoarea modulului de elasticitate dinamic stabilită în urma studiilor de teren este mai mică decât valoarea de calcul din tabelul V.2.10, ceea ce poate semnifica existența unor condiții hidrologice defavorabile ale complexului rutier. În dimensionare poate fi utilizată noua valoare a modulului de elasticitate dinamic, în cazul în care lucrările de reabilitare nu va conduce la îmbunătățirea condițiilor hidrologice;

- valoarea modulului de elasticitate dinamic stabilită este mai mare decât cea de calcul, din tabelul V.2.10. În acest caz, utilizarea noii valori se va face numai dacă studiile de teren au surprins complexul rutier în cele mai defavorabile condiții hidrologice, luând în considerare posibilitățile de variație sezonieră a acestora, nu numai pe parcursul unui an, ci și pe parcursul duratei de exploatare a drumului reabilitat.

În cazul lucrărilor noi de drumuri sau de modernizare a celor existente studiile de teren se pot efectua pe sectoare de drum modernizat, situate pe drumuri cât mai apropiate, în condiții hidrologice similare cu cele care vor fi asigurate pentru lucrarea respectivă.

Pentru aceste lucrări se recomandă utilizarea valorilor de calcul din tabelul V.2.10.

IMPORTANT

Valorile modulului de elasticitate dinamic din tabelul V.2.10 nu pot fi verificate prin nici o metodă în timpul execuției terasamentelor, perioadă de timp în care umiditatea pământului trebuie să aibă valori apropiate de cea optimă de compactare, deci mult mai mică decât cea maximă, din timpul perioadei de exploatare a drumului.

În cazul terasamentelor executate din deșeuri de carieră sau din cenușă de termocentrală prescripțiile tehnice legale în vigoare nu precizează valori de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate. Pentru aceste materiale se recomandă stabilirea valorilor de calcul ale modulului de elasticitate dinamic pe baza rezultatelor măsurărilor de deformabilitate cu deflectometre cu sarcină dinamică, pe sectoare de drum în exploatare pe care rambleurile au fost realizate din aceste materiale. În mod informativ, se recomandă următoarele valori ale caracteristicilor de deformabilitate, indiferent de tipul climateric al zonei în care este situat drumul:

- deșeuri de carieră	$E_p = 100 \text{ MPa}$	$\mu_p = 0,27$
- cenușă de termocentrală	$E_p = 50 \text{ MPa}$	$\mu_p = 0,42$

3. Straturi de formă

3.1. Rolurile stratului de formă

Capacitatea portantă la nivelul patului drumului influențează în mod determinant grosimea totală a structurii rutiere. Îmbunătățirea acesteia se poate face prin prevederea stratului de formă, care, în funcție de modul de alcătuire, poate îndeplini una sau mai multe din următoarele funcțiuni, în conformitate cu prevederile STAS 12253:

- îmbunătățirea și uniformizarea capacității portante a terasamentelor, la nivelul patului drumului;
- asigurarea realizării profilului transversal și longitudinal al patului drumului, pentru evacuarea apelor provenite din precipitații;
- împiedecarea contaminării cu pământ a stratului inferior de fundație din agregate naturale;
- creșterea rezistenței la acțiunea îngheț-dezghețului a complexului rutier;
- asigurarea circulației utilajelor de șantier pe patul drumului.

3.2. Materialele din alcătuirea stratului de formă

Straturile de formă pot fi alcătuite din:

- materiale necoezive:
 - balast;
 - pământuri necoezive;
 - materiale granulare din pietruiri existente;
 - deșeuri de carieră;
 - zgură brută de furnal;
- materiale coezive:
 - pământuri coezive tratate cu var;
 - pământuri stabilizate cu zgură granulată și var;
 - pământuri stabilizate cu ciment;
 - agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

Modul în care straturile de formă cu diferite alcătuiți îndeplinesc diferitele funcțiuni este dat în tabelul V.3.1 Modul de alcătuire al stratului de formă se stabilește pe bază de calcule tehnico-economice, în funcție de materialele care alcătuiesc terasamentele, de materialele disponibile în zona drumului și de rolul preponderent pe care stratul de formă trebuie să-l joace, atât în perioada de execuție a drumului, cât și în cea de exploatare a acestuia.

Straturile de formă din pământuri stabilizate cu zgură granulată și var, din pământuri stabilizate cu ciment și din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici se aplică, de regulă, la drumurile de clasă tehnică I și II.

3.2.1. Strat de formă din pământuri necoezive sau din balast

Pământurile necoezive utilizabile în stratul de formă sunt cele care prezintă calitatea foarte bună la mediocră, în conformitate cu tabelul V.2.4a. Se recomandă utilizarea pământurilor neuniforme (cu granulozitate continuă), simbol 1a (cu dimensiunea maximă a granulei de 100 mm), 2a sau 3a;

Straturile de formă din pământuri necoezive sau din balast se recomandă să fie utilizate în cazul terasamentelor alcătuite din pământuri coezive, având un rol important în îmbunătățirea capacității portante la nivelul patului drumului.

Funcțiunile stratului de formă

Tabelul V.3.1

Funcțiunea	Materiale necoezive			Materiale coezive			Agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici
	Pământuri necoezive, balast și deșeuri de carieră	Pietruiri existente	Zgură brută de furnal	Pământuri coezive tratate cu var	Pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var	Pământuri stabilizate cu ciment	
Îmbunătățirea și uniformizarea capacității portante la nivelul patului drumului	++	+	++	+	+	+++	+++
Asigurarea realizării profilului transversal și longitudinal al patului drumului pentru evacuarea apelor provenite din precipitații	+	++	+	+	+	+++	+++
Împiedecarea contaminării cu pământ a stratului de fundație din agregate naturale	+++	++	+++	-	-	++	+++
Creșterea rezistenței la acțiunea de îngheț-dezgheț a complexului rutier	+++ ⁽¹⁾	+++ ⁽¹⁾	+++	++ ⁽²⁾	++ ⁽²⁾	+++ ⁽²⁾	+++ ⁽³⁾
Asigurarea circulației utilajelor de șantier la nivelul patului drumului	+++	+++	+++	+	+	+++	+++

Notă:

- +++ eficiență maximă
- ++ eficiență medie
- +

(1) cu un conținut de max. 3% fracțiuni sub 0,02 mm
(2) cu condiția execuției cu minimum două luni înainte de începerea perioadei de îngheț
(3) cu condiția execuției cu minimum o lună înainte de începerea perioadei de îngheț

3.2.2. *Strat de formă din pietruirea existentă*

În cazul modernizării unui drum existent, pietruirea existentă poate fi considerată stratul de formă dacă este pe toată lățimea terasamentelor, iar grosimea ei este de minimum 10 cm sau dacă prin scarificare și reprofilare pe toată lățimea terasamentelor, se obține această grosime minimă. Se menționează că la luarea în considerare a pietruirii existente ca strat de formă trebuie să se țină seama de neuniformitatea longitudinală și transversală atât a calității materialilor granulare din alcătuirea acesteia, cât și a grosimii stratului.

3.2.3. *Strat de formă din deșeuri de carieră*

Soluția de realizare a stratului de formă din deșeuri de carieră poate prezenta avantaje economice, în cazul existenței acestor materiale la distanțe reduse de lucrare.

Deșeurile de carieră trebuie să prezinte următoarele caracteristici:

- dimensiunea maximă a granulei: 100 mm;
- granulozitatea continuă;
- rezistența la sfărâmare prin compresiune pe piatră spartă în stare uscată: min. 60%;
- coeficient de calitate: min. 7;
- coeficientul de gelivitate pe piatră spartă: max. 3%.

Această soluție este indicată în cazul terasamentelor realizate tot din deșeuri de carieră sau din pământuri necoezive, mai puțin în cazul pământurilor coezive.

3.2.4. *Strat de formă din zgură brută de furnal*

Zgura brută de furnal trebuie să prezinte următoarele caracteristici:

- aspect: culoare albicioasă-cenușie până la cenușiu închis;
- dimensiunea maximă a granulei: 100 mm;
- conținut de zgură poroasă cu structură puternic alveolară: max. 65%;
- densitatea în grămadă în stare uscată, afânată: min. 1,5 t/m³.

Zgura brută de furnal este în general obținută prin exploatarea haldelor existente de zgură. Din acest motiv, o atenție deosebită trebuie să fie acordată sortării zgurii în haldă, în vederea îndepărtării fracțiunilor mai mari de 100 mm și în special, a corpurilor străine (bucăți de metal, bulgări de var nehidratat, blocuri de zgură, etc).

Această soluție de alcătuire a stratului de formă este recomandabilă în cazul rambleurilor alcătuite din zgură brută de furnal sau din pământuri necoezive, dar și în cazul debleurilor alcătuite din pământuri coezive, cu calitate mediocră la foarte rea.

3.2.5. *Strat de formă din pământuri coezive tratate cu var*

Straturile de formă din pământuri coezive tratate cu var sunt utilizate, de regulă, la terasamente alcătuite din pământuri coezive. Avantajele tratării cu var ale pământurilor coezive determină ca această soluție de alcătuire a stratului de formă să fie cea mai des utilizată în cazul debleurilor sau al terasamentelor la nivelul terenului înconjurător. Astfel, se menționează efectul spectaculos de reducere a umidității pământului. Tratarea cu var are efect și de îmbunătățire a granulozității pământului și de micșorare a indicelui de plasticitate, ceea ce conduce ca un pământ cu calitate rea sau foarte rea să se transforme într-un pământ cu o calitate cel puțin mediocră.

Varul utilizat pentru tratarea pământurilor poate fi:

- var nestins bulgări sau var stins în pulbere, în conformitate cu prevederile SR ENV 459-1;
- var măcinat, în conformitate cu prevederile SR 9310;
- var aerian bulgări (var industrial), în conformitate cu prevederile SR 254.

Tipul de var și dozajul acestuia se stabilesc în funcție de tipul pământului și de umiditate acestuia, în comparație cu umiditatea optimă de compactare, cu ajutorul tabelului V.3. Umiditatea optimă de compactare se determină prin încercarea Proctor modificată, conform STA 1913/13 și este cea corespunzătoare domeniului umed.

Dozajele de var necesare tratării pământurilor coezive

Tabelul V.3.2

Denumirea pământurilor, conform STAS 1243	Umiditate	Var nestins bulgări sau var aerian bulgări	Var măcinat	Var stins în pulbere
		Dozaj, %		
Argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, Argilă prăfoasă-nisipoasă, Argilă, argilă grasă	de la $w_{opt} + 4\%$ la $w_{opt} + 15\%$	4	4	-
	sub $w_{opt} + 4\%$	3	3	4
Nisip prăfos, nisip argilos, praf nisipos, Praf, praf argilos nisipos, praf argilos	de la $w_{opt} + 4\%$ la $w_{opt} + 15\%$	3	3	-
	sub $w_{opt} + 4\%$	2	2	3

Dozajele de var din tabelul V.3.2 sunt raportate la masa pământului uscat.

În cazul tratării unor pământuri cu umiditatea naturală mai mare de $w_{opt} + 15\%$, dozajele de var bulgări și de var măcinat pot fi mărite față de cele prevăzute în acest tabel, contându-se pe o reducere a umidității de 1...2 % pentru fiecare procent suplimentar de var utilizat.

3.2.6. Strat de formă din pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var

Dozajele de zgură granulată și de var se stabilesc prin încercări, de către un laborator de specialitate, conform STAS 10473/2, luându-se în considerare următoarele intervale de variație ale acestora:

- zgură granulată, conform SR 648 10...30 %;
- var măcinat, conform STAS 9310
- sau var stins în pulbere, conform SR EN 459-1. 3...4 %.

Rezistența la compresiune, R_c , la vârsta de 14 zile trebuie să corespundă valorilor din tabelul V.3.3.

Rezistența la compresiune minimă admisibilă a pământurilor stabilizate cu zgură granulată și var

Tabelul V.3.3

Denumirea pământurilor	R_c la 14 zile, în MPa
argilă grasă, argilă	min. 1,2
argilă prăfoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă nisipoasă	min. 1,0
praf argilos, praf argilos nisipos, praf	min. 0,35
praf nisipos, nisip argilos, nisip prăfos	min. 0,50

3.2.7. Strat de formă din pământuri stabilizate cu ciment

Stratul de formă din pământuri stabilizate cu ciment se execută în conformitate cu prevederile STAS 10473/1. La realizarea acestuia se utilizează pământurile necoezive și coezive, conform SR EN ISO 14688-2, cu condiția ca acestea să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute în tabelul V.3.4. Pot fi utilizate de asemenea, și materialele granulare din pietrurile existente, cu condiția ca acestea să îndeplinească aceleași condiții de admisibilitate. În acest scop, pământurile

sau materialele granulare din pietruiri pot fi corectate prin diferite adaosuri, în funcție de îmbunătățirea dorită. Astfel, aceste adaosuri pot fi constituite din:

- agregate naturale de balastieră, conform SR 662, agregate naturale de carieră, conform SR 667, zgură granulată de furnal, conform SR 648 sau cenușă de centrale termoelectrice, în funcție de fracțiunea granulară deficitară, pentru corectarea granulozității;
- var nestins bulgări sau var stins în pulbere, conform SR EN 459-1, var măcinat, conform SR 9310 sau var aerian bulgări (var industrial), conform SR 254, pentru corectarea plasticității pământurilor coezive;
- clorură de var tehnică, conform STAS 932, pentru corectarea conținutului de substanțe organice și humus.

Condițiile de admisibilitate pentru pământuri și pentru materialele granulare din pietruiri

Tabelul V.3.4

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Granulozitate	Să se încadreze în zona corespunzătoare din figura V.2.
Coeficient de neuniformitate, %	min.8
Dimensiunea maximă a granulei, mm	63
Echivalent de nisip	min.30
Indice de plasticitate, %	max.10
Conținut de substanțe organice și humus, %	max.4
Reacția pH	min..6

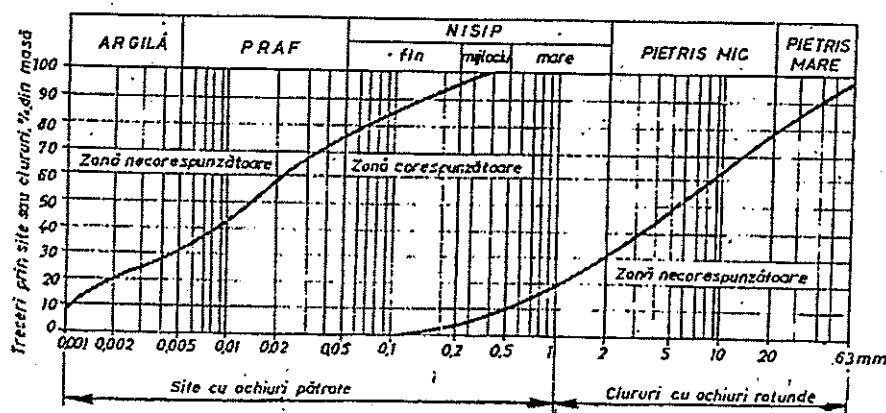


Figura V.2 Zona granulometrică pentru stabilizarea cu ciment a pământurilor sau a materialelor granulare din pietruiri

Cimentul utilizat poate fi:

- ciment, conform SR EN 197-1;
 - ciment pentru drumuri și piste de aeroporturi, conform STAS 10092;
- Apă, conform SR EN 1008.

Compoziția optimă a amestecului de pământ, ciment, apă și după caz de adaosuri se stabilește pe bază de încercări preliminare, conform STAS 10473/2, astfel încât rezistențele la compresiune la vârsta de 7 zile și 28 zile să îndeplinească condițiile precizate în tabelul V.3.5.

Condițiile de admisibilitate pentru pământurile și materialele granulare stabilizate cu ciment

Tabelul V.3.5

Caracteristici	Condiția de admisibilitate
Rezistența la compresiune la vârsta de 7 zile, MPa	0,8...1,2
Rezistența la compresiune la vârsta de 28 zile, MPa	1,2...2,0

În vederea stabilirii compoziției optime, în tabelul V.3.6 sunt indicate intervalele de variație ale dozajelor de ciment și de adaosuri, în funcție de tipul materialelor.

Intervalele de variație ale dozajelor de ciment și de adaosuri

Tabelul V.3.6

Tipul materialelor	Granulozitate $d_{min.} - d_{max.}$	Dozaje, în % din cantitatea de materiale uscate, pentru:		
		ciment	var	clorură de var tehnică
Pământuri necoezive și coezive: nisipuri prăfoase și nisipuri argiloase	0 mm ...63 mm	6...8	—	—
Pământuri coezive, cu excepția nisipului prăfos și nisipului argilos, cu un conținut de substanțe organice și humus:				
$\leq 4\%$		8...10	2...4	—
$< 4\%$		8...10	2...4	1...2
Materialele granulare din pietruirile existente cu un conținut de substanțe organice și humus:				
$\leq 4\%$	0 mm...60 mm	3...6	—	—
$> 4\%$	0 mm...60 mm	3...6	—	1...2

La alegerea tipului de var, se va ține seama și de efectul de uscare al pământurilor, de către varul nestins bulgări, varul aerian bulgări (varul industrial) și varul măcinat, care este un var nehidratat, a căror utilizare se recomandă în cazul stabilizării pe teren a unor materiale care prezintă o umiditate mai mare decât umiditatea optimă de compactare determinată prin încercarea Proctor modificată, corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

3.2.8. Strat de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

Stratul de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici se realizează în conformitate cu prevederile instrucțiunilor tehnice indicativ CD 127.

Lianții puzzolanici utilizați sunt:

- zgura granulată de furnal, care trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în SR 648;
- cenușa de centrale termoelectrice;
- tuful vulcanic măcinat, care trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în instrucțiunile tehnice indicativ CD 127, dacă provine din zăcămintul Ocnele Mari-Trăistari, jud.Vâlcea. Pot fi utilizate tufurile vulcanice măcinate provenite din alte zăcămintele sau cariere, dacă au fost agrementate tehnic ca liant puzzolanic, în conformitate cu prevederile actuale în vigoare.

Dozajele de lianți puzzolanici și activator se stabilesc conform STAS 10473/2 și sunt cele corespunzătoare stratului de fundație.

Condițiile tehnice sunt corespunzătoare de asemenea, stratului de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, în conformitate cu cap. VII.

3.3. Condițiile de calitate ale straturilor de formă

Pentru ca stratul de formă să îndeplinească funcțiile pentru care a fost prevăzut în complexul rutier este necesar ca acesta să prezinte următoarele calități:

- lățimea stratului de formă să fie aceeași cu cea a suprafeței terasamentelor;
- pantele în profil transversal ale suprafeței straturilor de formă să fie aceleași ca cele ale suprafeței îmbrăcăminte rutiere. Fac excepție ultimii 80 cm până la taluzuri, pe care suprafața trebuie să aibă pante transversale de 10...12 %, care să favorizeze evacuarea rapidă a apelor de infiltrație.
- gradul de compactare să fie de minimum 98 % din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13, în cel puțin 95 % din punctele de măsurare și de minimum 95 % în toate punctele de măsurare;

- valoarea coeficientului de variație (Cv) să fie mai mică de 40 %, ceea ce indică o uniformitate corespunzătoare a execuției;
- valorile deflexiunii, corespunzătoare sarcinii pe osie de 115 kN, să aibă valori mai mari de 200. 0.01 mm în cel mult 10 % din punctele de măsurare, dar nu mai mari de 350. 0,01, ceea ce indică o capacitate portantă corespunzătoare la nivelul stratului de formă.

3.4 Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile de formă

Grosimea stratului de formă se stabilește prin calcule, grosimea minimă constructivă fiind de 10 cm. În funcție de alcătuirea stratului de formă, în calculul grosimii necesare a acestuia, se recomandă adoptarea următoarelor caracteristici de deformabilitate:

- materiale necoezive: pământuri necoezive, materiale granulare din pietruiri existente, deșeuri de carieră, zgură brută de furnal:
 - valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic ($E_{s.f.}$, în MPa) este în funcție de cea a materialelor din stratul suport (E_p) și se calculează cu următoarea relație:

$$E_{s.f.} = 0,20 \times h_{s.f.}^{0,45} \times E_p$$
 în care $h_{s.f.}$ este grosimea stratului de formă, în mm.
 - coeficientul lui Poisson are valoarea de 0,27;
- materiale coezive, în conformitate cu tabelul V.3.7.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru materialele coezive din stratul de formă

Tabelul V.3.7

Denumirea materialului	Modulul de elasticitate dinamic, $E_{s.f.}$, MPa	Coeficientul lui Poisson, μ
Pământuri coezive tratate cu var:		
- tip P ₃ și tip P ₄	150	0,35
- tip P ₅	250	0,35
Pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var	200	0,30
Pământuri stabilizate cu ciment	300	0,27
Agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici:		
- zgură granulată	400	0,27
- cenușă de centrală termoelectrică	500	0,27
- tuf vulcanic	400	0,27

Se menționează că valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate din tabelul de mai sus sunt corespunzătoare stratului de formă după microfisurarea acestuia. Aceste valori sunt date cu caracter informativ, fiind necesară determinarea în laborator a modului de elasticitate dinamic prin încercări cu Echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a amestecurilor asfaltice, adaptat în acest scop.

Pentru folosirea rațională a agregatelor naturale în straturile de fundație, metodologia de dimensionare a sistemelor rutiere suple și semirigide recomandă să se asigure la nivelul patului drumului a unei capacități portante minime, caracterizată prin valoarea modului de elasticitate dinamic echivalent al sistemului bistrat (strat de formă - pământ de fundare) de minimum 80 MPa. Grosimea stratului de formă necesară realizării acestei capacități portante se stabilește cu ajutorul graficelor din figurile V.3...V.7. Aceste grafice permit stabilirea, pentru o grosime adoptată a stratului de formă, a modului de elasticitate dinamic echivalent la nivelul patului, pentru diferitele alcătuiri ale stratului de formă.

Strat de formă din materiale necoezive

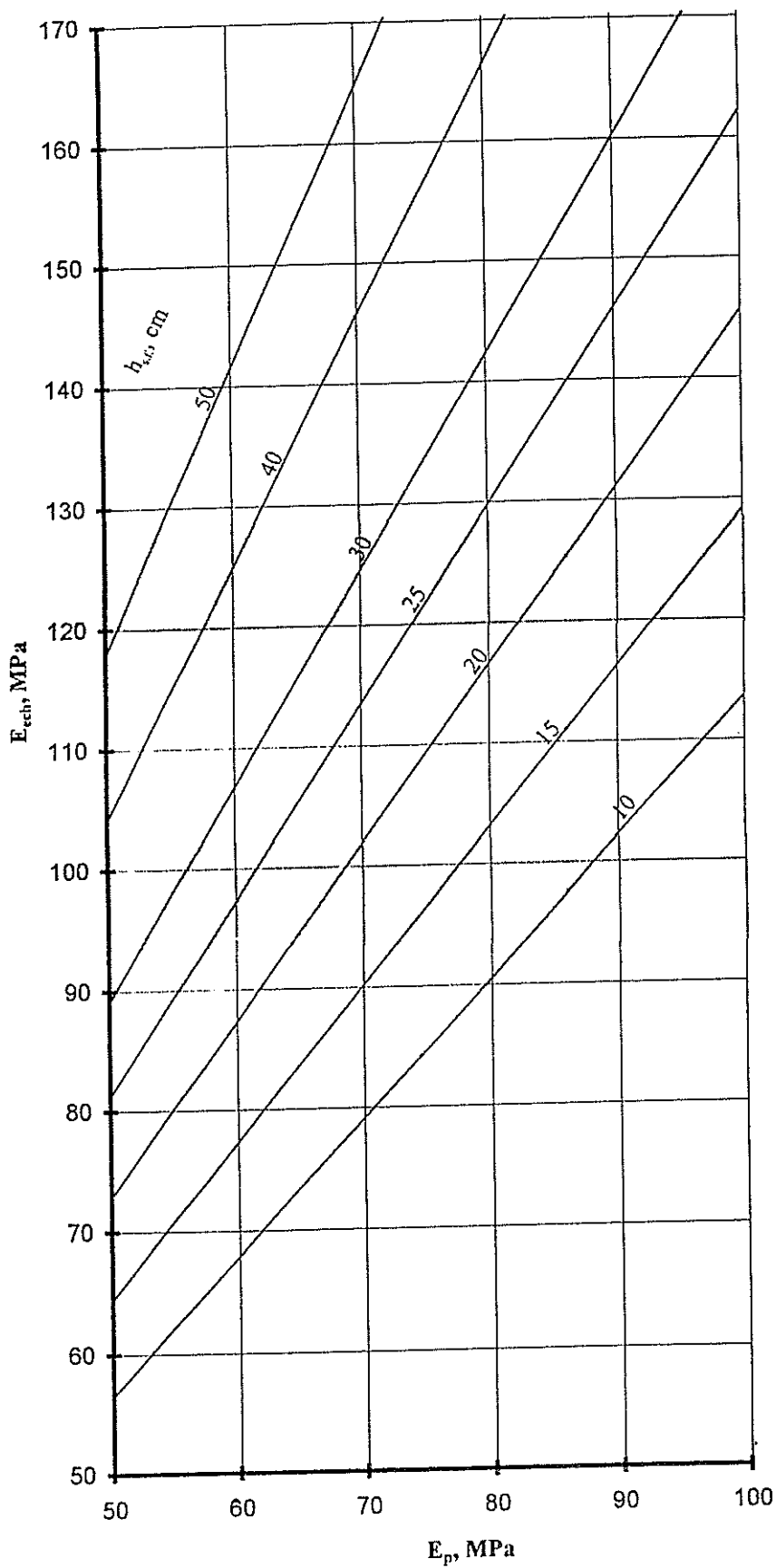


Figura V.3.

Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din materiale necoezive (h_{sf})

Strat de formă din pământuri coezive tip P_3 și P_4 tratate cu var

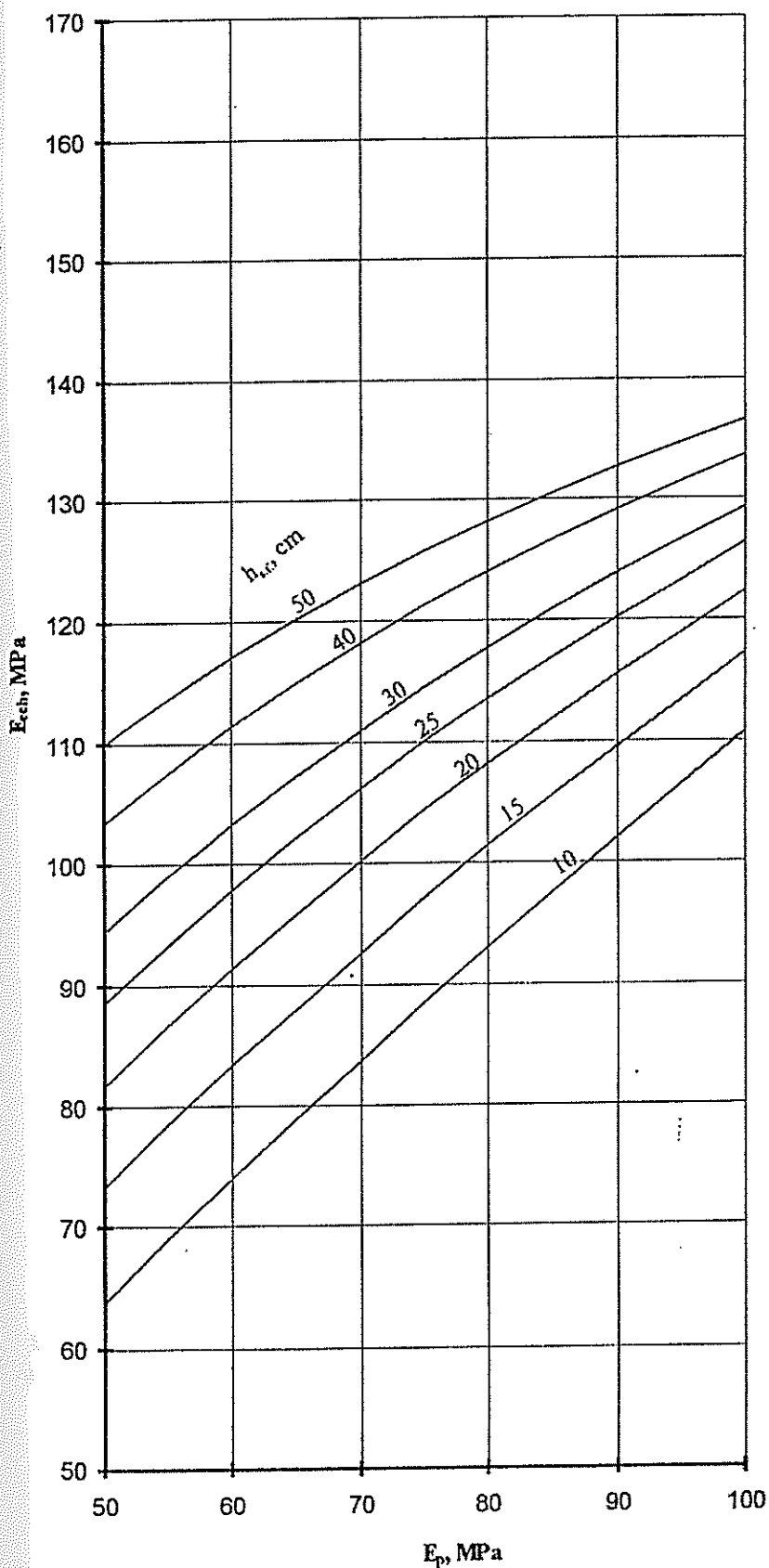


Figura V.4a.

Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ch}) la nivelul patului drumului în funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive tip P_3 și P_4 tratate cu var (h_{sf})

Strat de formă din pământuri coezive tip P₅ tratate cu var

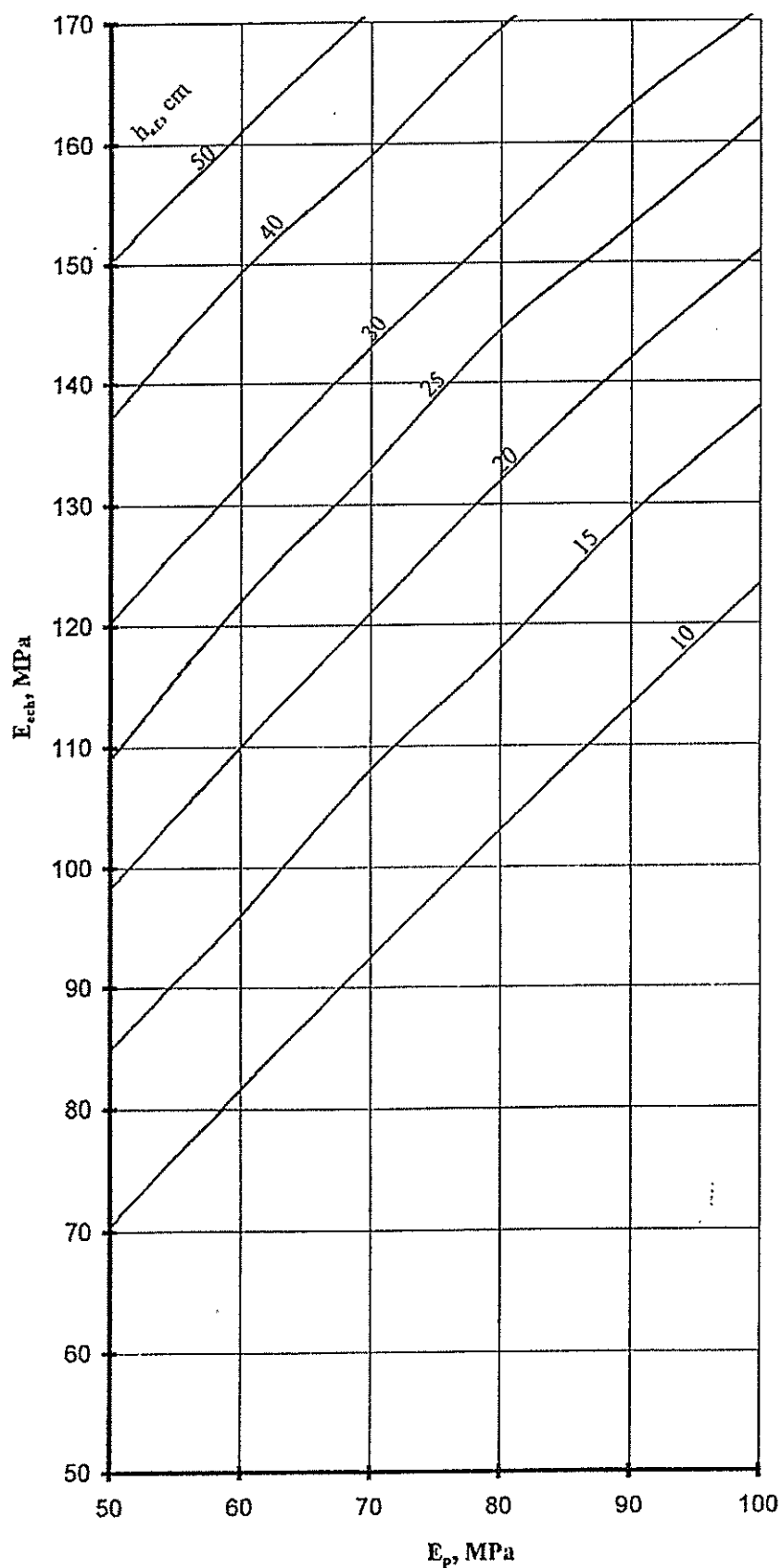


Figura V.4b

Diagrama de stabilire a modulului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de fo. din pământuri coezive tip P₅ tratat var (h_{sl})

Strat de formă din pământuri coezive
stabilizate cu zgură granulată și var

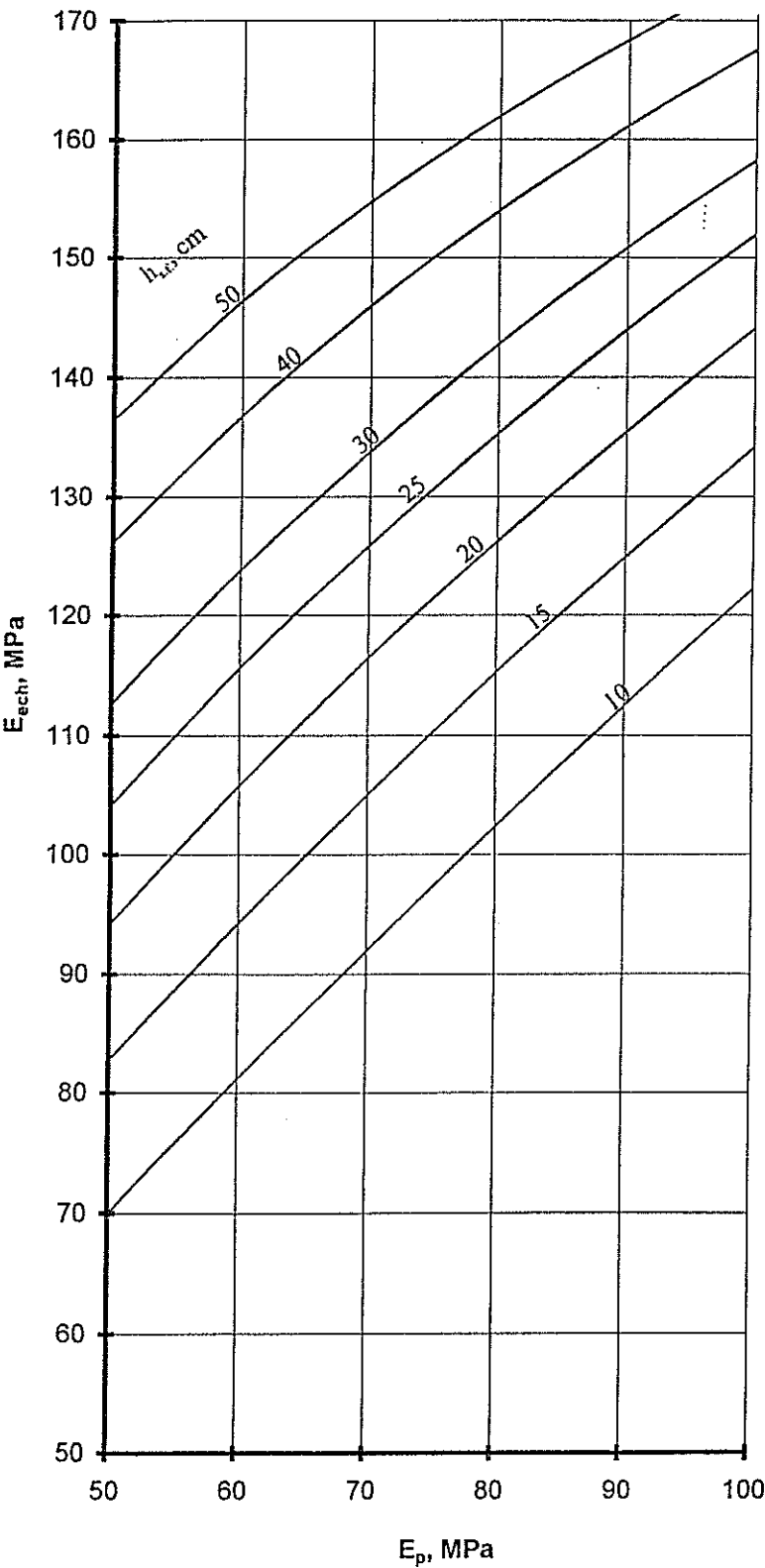


Figura V.5

Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var ($h_{s,f}$)

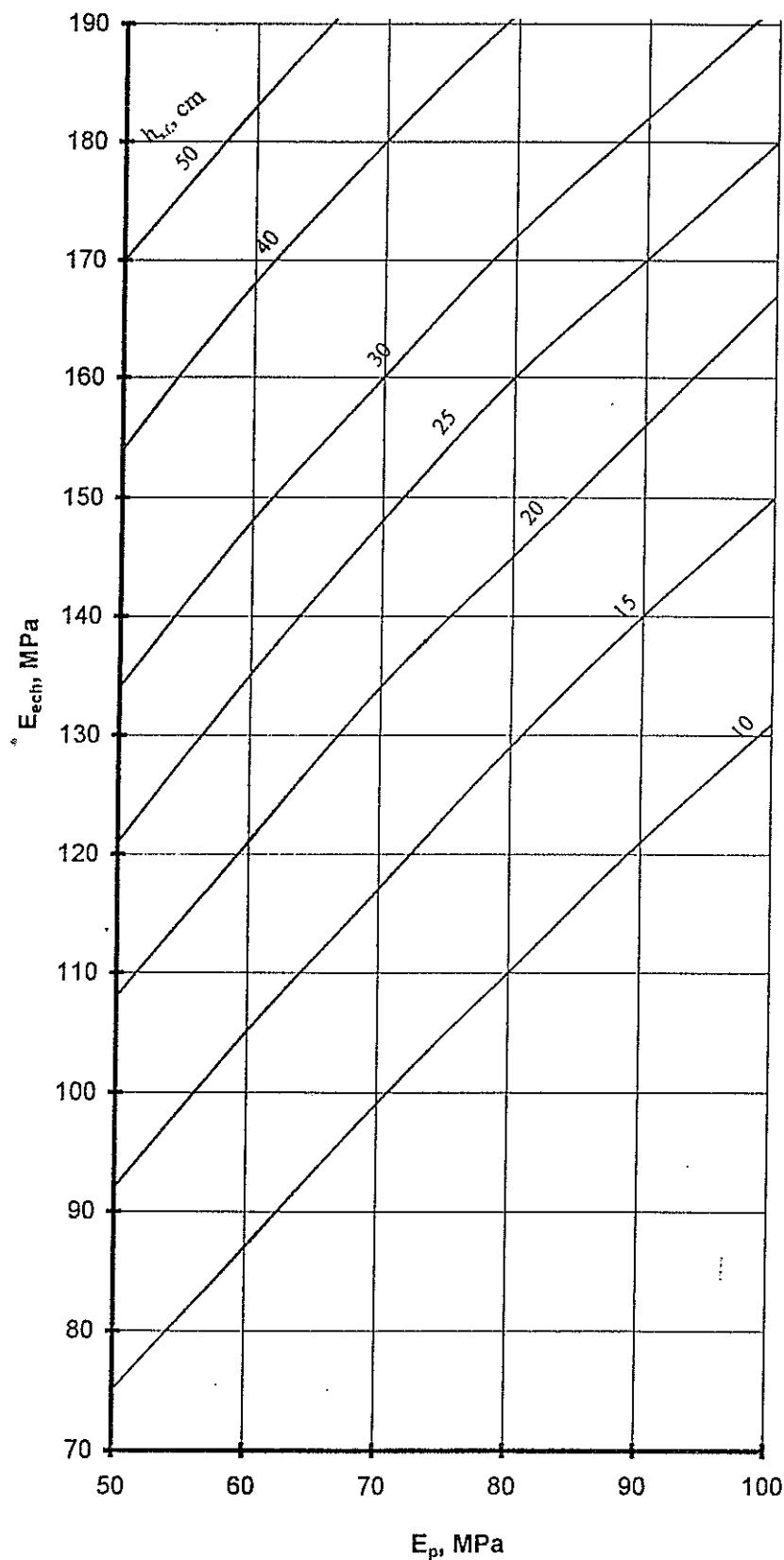


Figura V.6

Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din pământuri coezive stabilizate cu ciment ($h_{s.f}$)

Strat de formă din agregate naturale

Stabilizate cu lianți puzzolanici - zgură granulată și tuf vulcanic

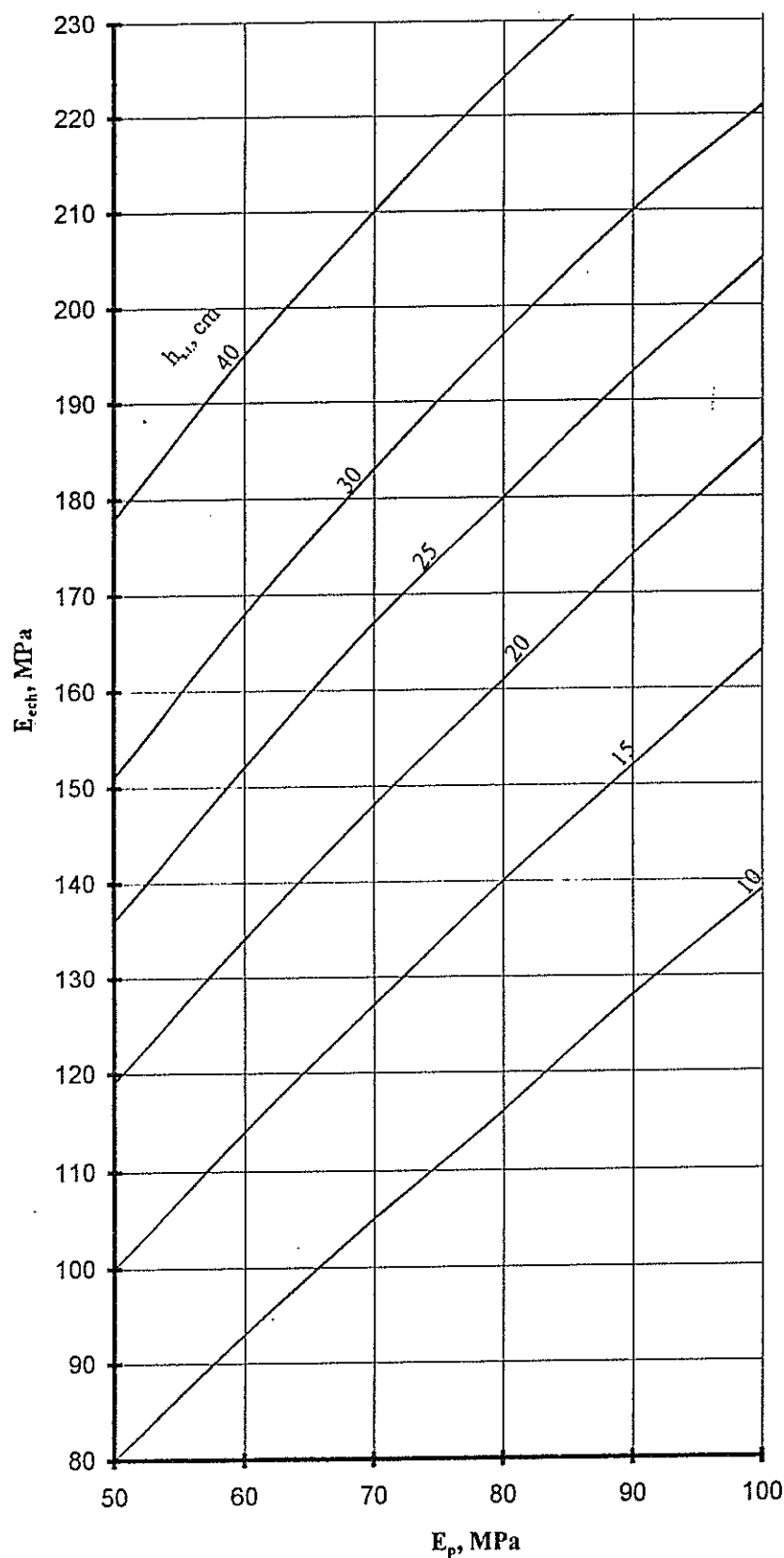


Figura V.7a

Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului în funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici - zgură granulată și tuf vulcanic ($h_{s,p}$)

Strat de formă din agregate naturale

Stabilizate cu lianți puzzolanici – cenușă de centrală termoelectrică

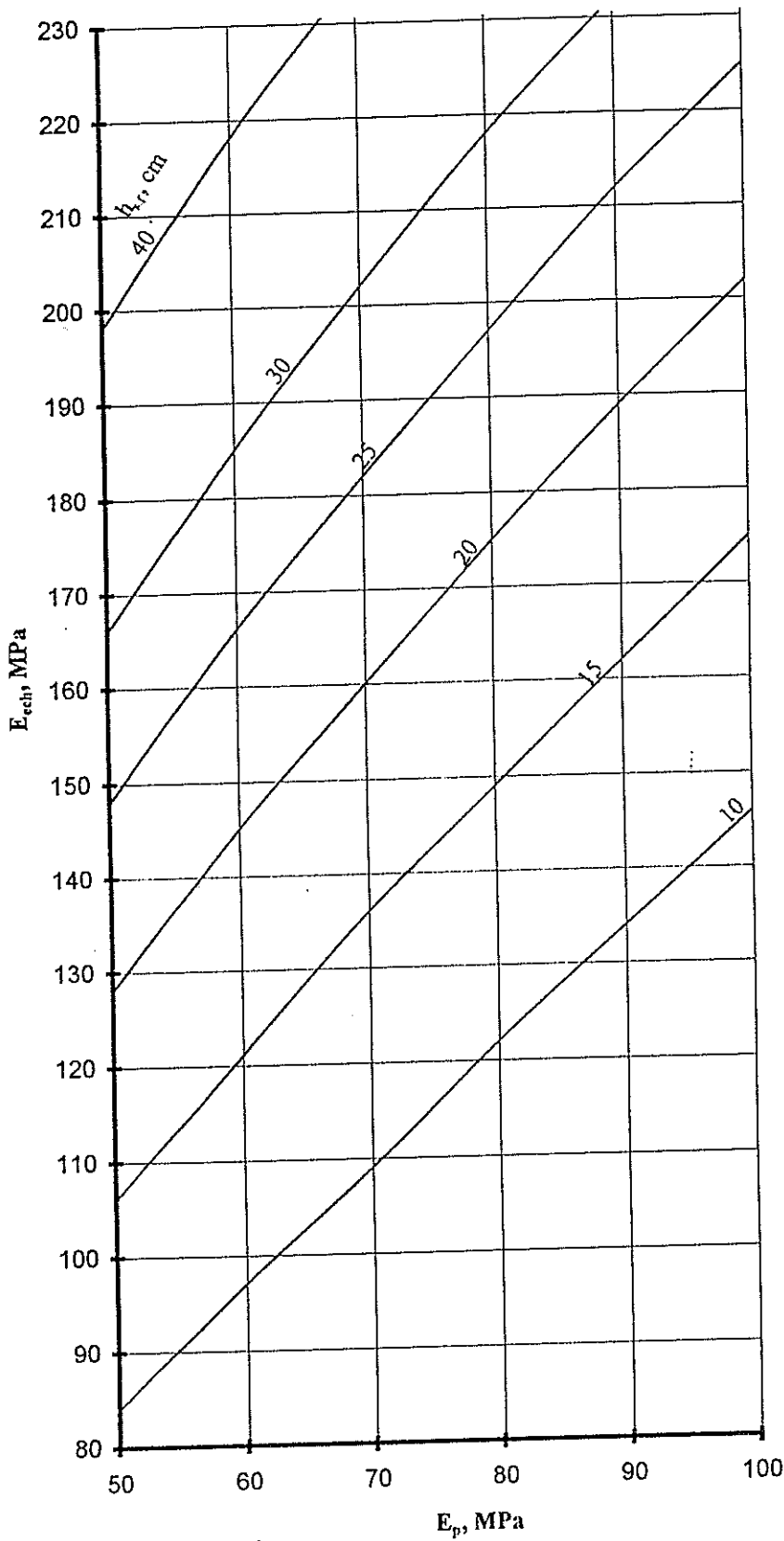


Figura V.7b

Diagrama de stabilire a modului de elasticitate dinamic echivalent (E_{ech}) la nivelul patului drumului funcție de modul de elasticitate dinamic al pământului de fundare (E_p) și de grosimea stratului de formă din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici – cenușă de centrală termoelectrică (h_s)

4. Proprietăți de comportare

În metodele analitice de dimensionare, numărul de solicitări care produce degradarea structurii rutiere (fâgașe sau denivelări) este corelat cu tensiunile verticale sau deformațiile specifice verticale produse de solicitările traficului la nivelul patului drumului.

Cele mai multe din aceste relații, care reprezintă legi de deformare ale pământului de fundare, au forma:

$$N_{adm} = \left[\frac{k}{\varepsilon_z} \times \left(\frac{E}{E_{ref}} \right)^\beta \right] \alpha \times 10^6 \quad (V.4.1.)$$

în care:

N_{adm} este numărul admisibil de solicitări;

ε_z - deformația specifică verticală de compresiune, în microdeformații;

E - modulul de elasticitate dinamic, în MPa;

E_{ref} - modulul de elasticitate dinamic de referință, în MPa;

k, α, β - constante, cu β în mod normal egal cu zero.

În cele mai utilizate relații, k variază în intervalul 482...1230, iar α între 3,95 și 7,14.

Aceste relații sunt utilizate drept criteriu pentru dimensionare. Astfel, criteriul Shell a derivat din încercarea rutieră AASHO și este corelat cu reducerea Indicelui de serviciu prezent (PSI) de la o valoare inițială, în jur de 4,2 la o valoare terminală de 1,5. În metoda de dimensionare a Asphalt Institute, acest criteriu este rezultat din aceeași încercare rutieră, dar corespunde producerii unui fâgaș de 12,7 mm.

În general, legile de deformare permanentă ale pământului de fundare au forma simplificată:

$$N_{adm} = a \varepsilon_z^b \quad (V.4.2)$$

în care:

N_{adm} este numărul de solicitări admisibil;

ε_z - deformația specifică verticală de compresiune, în microdeformații;

a, b - termeni constanți.

În țara noastră au fost adoptate în mod diferențiat, în funcție de importanța drumului, relațiile stabilite de Universitatea Nottingham din Anglia, pentru durata de viață până la condiția critică, caracterizată de apariția pe urma roților a unui fâgaș cu adâncimea de 10 mm și pentru durata de viață până la condiția de degradare, caracterizată prin apariția unui fâgaș de 20 mm. A fost luată în considerare și variația sezonieră a regimului termic al straturilor bituminoase, care determină o solicitare mai mare a pământului de fundare începând din lunile mai ... iunie până în octombrie ... noiembrie.

Capitolul VI

MATERIALELE DIN ALCĂTUIREA STRATURILOR RUTIERE

1. Introducere
2. Agregate naturale
3. Lianți hidraulici și puzzolanici
4. Lianți hidrocarbonați
5. Alți constituenți

1. Introducere

Alcătuirea și dimensionarea unei structuri rutiere impun nu numai aprecierea capacității portante la nivelul suportului acesteia, ci și a proprietăților materialelor care o alcătuiesc. Calitatea structurii rutiere este determinată de calitatea fiecărui strat rutier în parte și implicit, de cea a materialelor care îl constituie.

Abordarea rațională a dimensionării structurii rutiere impune ca fiecare dintre materialele rutiere să prezinte caracteristici minimale garantate. În cazul materialelor **tradiționale**, respectarea prescripțiilor tehnice legale în vigoare reprezintă această garanție. Din acest considerent, metodologia de dimensionare care face obiectul acestui ghid tehnic se referă în primul rând la aceste materiale.

Condițiile economice și resursele locale pot conduce la necesitatea utilizării unor materiale care să nu respecte exigențele prescripțiilor tehnice legale în vigoare. În acest caz, materialele trebuie să facă obiectul unui studiu complet pentru determinarea proprietăților mecanice și care să conducă la precizarea parametrilor de calcul implicați în dimensionare. În conformitate cu legislația în vigoare, agrementele unor noi materiale rutiere (constituenți și amestecuri) trebuie să conțină și valorile parametrilor de calcul. Numai în aceste condiții proiectantul poate lua în considerare posibilitățile de utilizare a acestor materiale rutiere. Pentru unele dintre materialele **netradiționale**, în ghid sunt recomandate valori de calcul ale modului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson. Aceste valori sunt stabilite prin comparație cu cele ale materialelor **tradiționale**, cu proprietăți mecanice apropiate, pe baza literaturii tehnice de specialitate și pot fi luate în considerare într-o primă etapă de dimensionare, până la verificarea lor pe cale experimentală.

2. Agregate naturale

Lucrările de drumuri sunt mari consumatoare de agregate naturale, acestea având o pondere de 80%...100% din materialele care alcătuiesc straturile rutiere. În România se face o distincție netă între **agregatele naturale de balastieră** și **agregatele naturale sfărâmate artificial sau produsele de carieră**.

Preocupările actuale ale producătorilor de agregate naturale de balastieră pentru modernizarea fluxurilor tehnologice au condus la îmbunătățirea calității produselor furnizate. Diminuarea diferențelor dintre calitatea agregatelor naturale de balastieră care sunt concasate parțial sau total și cea a agregatelor naturale de carieră impune uniformizarea specificațiilor pentru aceste materiale. Până la această acțiune, cu implicații economice remarcabile, utilizatorii acestor produse trebuie să respecte prescripțiile tehnice legale în vigoare și anume:

- SR 667 pentru agregatele naturale de carieră;
- SR 662 pentru agregatele naturale de balastieră.

2.1. Agregate naturale de carieră

Revizuirea SR 667-97 s-a impus cu prioritate în anul 2001 din următoarele considerente:

- apariția primelor norme europene (1998) pentru agregate naturale, privind determinarea caracteristicilor generale (SR EN 932), a caracteristicilor geometrice (SR EN 933) și a caracteristicilor mecanice (SR EN 1097);

- apariția și implementarea Legii nr.10/95 privind calitatea în construcții, care impune un program special privind controlul calității agregatelor naturale utilizate în construcții prin certificarea calității acestora de către producător;

- necesitatea unui control mai sever al calității lucrărilor executate în cadrul lucrărilor de reabilitare a drumurilor naționale.

În aceste condiții au fost introduse metode noi de încercare, cum sunt:

- rezistența la uzură (micro Deval);
- rezistența la sfărâmare prin compresiune;
- rezistența la polisaj accelerat;
- rezistența la acțiunea repetată a sulfatului de sodiu (Na_2SO_4).

Totodată, pentru corelarea cu prevederile SR EN 933-2 privind determinarea granulozității agregatelor naturale pe site cu ochiuri pătrate, au fost adoptate noi sorturi de criblură destinate preparării amestecurilor asfaltice și executării tratamentelor bituminoase.

Sorturile care făceau referire la ciururile cu ochiuri rotunde au putut fi folosite pe o perioadă de doi ani de la intrarea în vigoare a standardului, respectiv 2001...2003, în prezent fiind utilizate numai sorturile cu dimensiunea ochiurilor pătrate.

Agregatele naturale de carieră trebuie să provină din:

- roci magmatice (granite, granodiorite, riolite, dacite, trahite, diorite, andezite, gabbrouri, bazalturi, diabaze, dolerite, melafire);
- roci metamorfice (gnaisuri, amfibolite, cuarțite, calcare cristaline);
- roci sedimentare (calcare, gresii cuarțoase, gresii calcaroase).

Rocile trebuie să fie:

- omogene în ceea ce privește structura și compoziția petrografică și mineralogică;
- lipsite de pirită, limonită sau săruri solubile;
- fără silice microcristalină sau amorfă, care să reacționeze cu alcaliile din cimenturi, în cazul în care sunt utilizate în prezența acestora.

Rocile utilizate pentru obținerea produselor de piatră naturală folosite la lucrări de drumuri trebuie să se încadreze în clase, conform tabelului VI. 2.1.

Condiții de admisibilitate pentru rocile de diferite clase

Tabelul VI. 2.1

Caracteristica	Clasa rocii				
	A	B	C	D	E
	Condiții de admisibilitate				
Porozitatea aparentă la presiune normală, %	max.1	max.3	max.5	Max.8	max.10
Rezistența la compresiune, în stare uscată, N/mm^2	min.160	min. 140	min. 120	min. 100	min. 80
Uzura cu mașina Los Angeles, %	max. 16	max. 18	max. 22	max. 25	max. 30
Rezistența la sfărâmare prin compresiune în stare saturată, %	min. 70	min. 67	min. 65	min. 60	min.50
Rezistența la îngheț-dezghet:					
- coeficient de gelivitate, %	max. 3	max. 3	max.3	Max.3	max.3
- sensibilitate la îngheț, %	max. 25	max. 25	max. 25	max. 25	max.25

Note:

- uzura cu mașina Los Angeles se determină pe piatră spartă sort 40...63;
- în cazul rocilor care nu respectă toate condițiile din tabel, clasa rocii este determinată de porozitatea aparentă sau de uzura cu mașina Los Angeles, hotărâtoare fiind cea care indică clasa inferioară;
- rocile care nu respectă condițiile de admisibilitate pentru rezistența la îngheț-dezghet nu trebuie utilizate la lucrările de drumuri.

Domeniul de aplicare în structurile rutiere suple și semirigide al diferitelor produse de carieră sunt date în tabelul VI.2.2, în funcție de clasa minimă a rocii și de clasa tehnică a drumului sau categoria tehnică a străzii.

Domeniile de utilizare a produselor de carieră

Tabelul VI.2.2

Denumirea materialului și domeniul de aplicare	Clasa tehnică a drumului				
	I	II	III	IV	V
	Categorii străzii				
	I	II	III	IV	
Piatră brută pentru straturi de fundație din blocaje	—			E	
Piatră spartă mare (sort 63-80) pentru strat de fundație					D
Piatră spartă mare (sort 40-63) pentru strat de bază din macadam, macadam penetrat și semipenetrat		C	D		E
Piatră spartă (split) (sorturile 8-16, 16-25(31), 25-40) pentru:					
- strat de fundație		D		E	E
- strat de bază din macadam și din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici		C		D	E
Savură (sorturile 0-8, 0-16) pentru:					
- strat de bază		C			D
- strat de fundație		D			E
Criblură pentru:					
- strat de bază din mixturi bituminoase					
- strat de bază din macadam penetrat și semipenetrat		B			C
Criblură pentru:					
- îmbrăcămînți bituminoase	A		B		C
- tratamente bituminoase					
Nisip de concasare		B		C	D

Condițiile de admisibilitate pentru produsele de carieră sunt date în tabelele VI.2.3....VI.2.6.

Piatră brută

Tabelul VI.2.3

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Forma	neregulată, apropiată de un trunchi de piramidă sau de pană
Înălțimea, mm	140 ... 180
Dimensiunile bazei:	
- lungimea, mm	egală sau mai mare ca înălțimea
- lățimea, mm	80 ... 150
Piatră cu dimensiuni necorespunzătoare, %	max.15

Sorturi de piatră spartă

Tabelul VI.2.4

Denumirea produsului	Savură	Piatră spartă (split)			Piatră spartă mare	
Sort	0-8	8-16	16-25(31)	25-40	40-63	63-80
Caracteristică	Condiții de admisibilitate					
Conținut de granule care:						
- rămân pe ciurul superior ($d_{max.}$), %	max. 5		max. 5		max. 5	max. 5
- trec prin ciurul inferior ($d_{min.}$), %	—		max. 10		max. 10	max. 10
Forma granulelor:						
- coeficientul de formă, %	—		max. 35		max.35	max. 35
Conținut de impurități:						
- corpuri străine, %	max. 1		max.1		max.1	max. 1
- fracțiuni sub 0,09 mm, %	—		max. 3		—	—
Uzură cu mașina Los Angeles, %	—		max. 30		corespunzător clasei rocii	
Rezistența la acțiunea repetată a sulfatului de sodiu (Na_2SO_4), 5 cicluri %	—		max. 6		max. 3	Nu este cazul
-						

Sorturi de criblură pentru mixturi asfaltice

Tabelul VI.2.5

Sort	4-8	8-16	16-25
Caracteristica	Condiții de admisibilitate		
Conținut de granule care: - rămân pe ciurul superior ($d_{max.}$), % - trec prin ciurul inferior ($d_{min.}$), %	max. 5 max. 10	max. 5 max. 10	max. 5 max. 10
Coefficient de formă, %	max. 25	max. 25	max. 25
Conținut de impurități: - conținut de argilă (VA), - corpuri străine, % - conținut de fracțiuni sub 0,09 mm, %	max. 2 nu se admit max. 1,50	max. 2 nu se admit max. 1,00	max. 2 nu se admit max. 0,50
Uzura cu mașina Los Angeles: - cribluri din rocă de clasa A, % - cribluri din rocă de clasa B, % - cribluri din rocă de clasă C, %	—	max. 16 max. 18 max. 22	—
Rezistența la sfărâmare prin compresiune în stare saturată, %	min. 65		
Grad de spargere numai pentru criblurile provenite din roci detritice, %	min. 90		
Rezistența la acțiunea repetată a sulfatului de sodiu (Na_2SO_4), %	max. 3		
Rezistența la uzură micro-Deval, %	max. 20		

Rezistența la uzură micro-Deval are caracter informativ, pentru strângere de date.

Criblurile provenite din roci sedimentare detritice pot fi utilizate numai la drumuri de clasă tehnică IV și V și străzi de categoria III și IV.

Nisip de concasare (sort 0-4)

Tabelul VI.2.6

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Granulozitatea	continuă
Conținut de granule care rămân pe ciurul superior (4,00), %	max. 5
Conținut de impurități: corpuri străine, %	nu se admit
Coefficient de activitate: - nisip de concasare cu max. 8 % fracțiuni 0...0.09 mm - nisip de concasare cu peste 8 % fracțiuni 0...0.09 mm	max. 1,5 max. 2,0

2.2. Agregate naturale de balastieră

Agregatele naturale de balastieră provin prin exploatarea depozitelor aluvionare și a celor eoliene și se clasifică în agregate naturale neprelucrate și agregate naturale prelucrate prin spălare și sortare, eventual concasare.

- Agregatele naturale trebuie să provină din roci rezistente la intemperii. Se interzice folosirea agregatelor naturale cu un conținut mai mare de 10 % granule constituite din roci alterate, moi sau friabile. Ele nu trebuie să conțină corpuri străine vizibile.
- Condițiile de admisibilitate pe care trebuie să le îndeplinească diferitele sorturi de agregate naturale de balastieră sunt în funcție de domeniul lor de utilizare. Condițiile de admisibilitate ale nisipului sunt date în tabelele VI.2.7...VI.2.9.

**Nisip pentru strat izolant, pentru execuția macadamului
și pentru pavaje din piatră naturală, piatră brută sau bolovani**

Tabelul VI.2.7

Domeniul de utilizare	Strat izolant	Macadam		Pavaje din piatră naturală, piatră brută sau bolovani	
		umplerea golurilor după împănare	protecție	substrat	împănare
Sort	0-4	0-4	4-8*	0-4	4-8*
Caracteristica	Condiții de admisibilitate				
Granulozitate:	max. 14	—	—	max. 14	—
- conținut de fracțiuni sub 0,1 mm, %	—	5...15	max. 5	—	—
- conținut de fracțiuni sub 0,02 mm:		15...30	—		
- pentru strat de bază, %					
- pentru strat de fundație, %					
Condiție de filtru invers	d 15 < 5 d 85	—	—	—	—
Coeficient de permeabilitate (k), cm/s	min. 6×10^{-3}	—	—	—	—

* pietriș (mărgăritar)

**Nisip pentru straturi rutiere din agregate naturale stabilizate
cu ciment sau cu lianți puzzolanici**

Tabelul VI.2.8

Domeniul de utilizare	Clasa tehnică	
	I - III	IV - V
Sort	0-4	0-4
Caracteristica	Condiții de admisibilitate	
Granulozitate	continuă	continuă
Coeficient de neuniformitate (Un), %	min. 8	min. 8
Echivalent de nisip (EN)	min. 50	min. 30

**Nisip pentru îmbrăcămînți bituminoase și straturi de bază
din mixturi bituminoase executate la cald**

Tabelul VI.2.9

Sort	0-4
Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Granulozitate	continuă
Echivalent de nisip (EN)	min. 85
Conținut de impurități:	nu se admit
- corpuri străine	
- humus (culoarea soluției de hidroxid de sodiu)	incoloră, slab gălbuie sau cel mult galben intens
- mică liberă, %	max. 0,5
- parte levigabilă, %	max. 2.
Coeficient de neuniformitate (Un), %	min. 8

În contextul concurențial actual, multe din întreprinderile de producere a agregatelor naturale de balastieră din țara noastră au adoptat strategii noi de fabricație. Rezultatele unui studiu statistic efectuat în anii 1995 și 1996 evidențiază faptul că în cea mai mare parte din balastiere, fluxul tehnologic prevede concasor și eventual granulator, ceea ce determină producerea unor sorturi de agregate naturale concasate. În aceste condiții, nisipul natural livrat este caracterizat printr-un conținut mult mai mare de fracțiuni sub 0,09 mm, decât cel produs de balastierele care nu au concasor în fluxul tehnologic. Prezența acestor fracțiuni fine conduce la scăderea valorii echivalentului de nisip sub valoarea minimă admisă de STAS 662, așa cu rezultă din exemplificările date în tabelul VI.2.10.

Caracteristicile nisipurilor neconcasate și concasate

Tabelul VI.2.10

Balastiera	Material	Fracțiuni sub 0,09 mm %	Echivalent de nisip (EN)	Coeficient de activitate (CA)
Sighet	neconcasat	2,4	87	—
	concasat	11,2	44	1,48
Mogoșeni	neconcasat	6,5	96	—
	concasat	11,2	72	1,07
Vișeu	neconcasat	0,5	96	—
	concasat	11,1	62	1,10

Valorile reduse ale coeficientului de activitate indică faptul că aceste fracțiuni fine sunt alcătuite din praf de piatră. În consecință, utilizarea nisipului de balastieră livrat de balastierele care au în fluxul tehnologic concasor poate fi considerat un nisip **filerizat**, poate conduce la reducerea adaosului de filer din mixturile asfaltice, deci la reducerea costului acestora.

Pietrișul trebuie să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelele VI.2.11...VI.2.14, în funcție de domeniul lor de utilizare.

Pietriș pentru straturi rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment și cu lianți puzzolanici

Tabelul VI.2.11

Tabelul VI.2.11

Domeniul de utilizare	Straturi de bază pentru structuri rutiere semirigide, platforme și locuri de parcare			Straturi de fundație pentru structuri rutiere semirigide, consolidarea benzilor de staționare, a benzilor de încadrare a acostamentelor
	Clasa tehnică			
	I	II	III...V	
Caracteristica	Condiții de admisibilitate			
Sort	8-16			8-25
Grad de spargere, %	min. 80	min. 40	-	-
Uzură cu mașina Los Angeles, %	max. 35			max. 35

Pietriș pentru îmbrăcămînți bituminoase din mixturi asfaltice cilindrate, executate la cald, îmbrăcămînți bituminoase ușoare și straturi de bază din mixturi asfaltice

Tabelul VI.2.13

Sort	Pietriș			Pietriș concasat		
	4 - 8	8 - 16	16 - 25 (31)	4 - 8	8 - 16	16 - 25 (31)
Caracteristică	Condiții de admisibilitate					
Grad de spargere, %	-			min. 65		
Coeficient de formă, %	max. 25			max. 25		
Conținut de impurități: - corpuri străine - parte levigabilă, % - conținut de argilă (VA), % - fracțiuni sub 0,1 mm, %	Nu se admit max. 0,3 - max. 1,5 max. 1,0 max. 0,5			Nu se admit - 2 max. 1,5 max. 1,0 max. 0,5		
Rezistența la acțiunea repetată a Na ₂ SO ₄ (MgSO ₄) 5 cicluri	max. 3			max. 3		
Uzură cu mașina Los Angeles, %	max. 35	max. 35	max. 30	max. 30	max. 28	max. 25
Rezistența la uzură (micro Deval), %	-			max. 25		

Pietrișul pentru tratamente bituminoase executate pe drumuri de clasă tehnică IV și V trebuie să respecte condițiile de admisibilitate din tabelul VI.2.13.

Pietriș concasat pentru tratamente bituminoase cu emulsie bituminoasă, tratamente bituminoase duble inverse, tratamente bituminoase cu bitum, cu bitum aditivat și cu bitum modificat cu polimeri.

Tabelul VI. 2.14

Sort	4-8 (4-6)	8-16 (6-10)	16-25 (10-14)
Caracteristica	Condiții de admisibilitate		
Grad de spargere, %	min. 80		
Rezistența la strivire, %	min. 60		
Uzura cu mașina Los Angeles, %	max. 30	max. 28	max. 25
Rezistența la uzură (micro Deval), %	max. 25		
Conținut de impurități: - corpuri străine - conținut de fracțiuni sub 0,1 mm, % - conținut de argilă (VA), %	Nu se admit max. 1 Nu se admite		
Rezistența la îngheț – dezgheț: - coeficient de gelivitate, % - sensibilitate la îngheț, %	max. 3 max. 25		

Condițiile de admisibilitate ale balastului (sort 0-63) sunt de asemenea, în funcție de domeniul de utilizare și sunt prezentate în tabelele VI.2.15. și VI.2.16.

Balast pentru strat anticapilar și pentru straturi de fundație

Tabelul VI.2.15

Domeniul de utilizare	Strat anticapilar	Strat de fundație		
		Amestec optimal	-	Completare*
Conținut de fracțiuni: - sub 0,02 mm, % - sub 0,2 mm, % - 0...8 mm, % - 25...63 mm, %	max. 3 - 40...80 -	max. 3 4...10 35...50 25...40	max.3 3...18 25...70 30...75	max.3 3...33 25...80 20...75
Granulozitate	continuuă	-	-	-
Coeficient de neuniformitate (Un)	min. 15	min. 15	min. 15	-
Coeficient de permeabilitate (k), cm/s	min. $3,5 \times 10^{-3}$	-	-	-
Înălțime capilară maximă (H), cm	max. grosimea stratului	-	-	-
Echivalent de nisip (EN)	-	min. 30	min. 30	min. 30
Uzură cu mașina tip Los Angeles, %	-	max. 30	max. 50	max. 50

Balast pentru straturi rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment

Tabelul VI.2.16

Domeniul de utilizare	Straturi de bază pentru clasele tehnice I...III	Straturi de bază pentru clasele tehnice IV și V și pentru platforme și locuri de parcare	Straturi de fundație indiferent de clasa tehnică și pentru platforme, locuri de parcare, benzi de staționare, benzi de încadrare și acostamente
Sort	0-16	0-16	0-25
Caracteristică	Condiții de admisibilitate		
Conținut de fracțiuni 0...8 mm	40...65	40...70	40...70
Granulozitate	granulozitatea amestecului de agregate naturale să se înscrie între curbele din figura 6.	continuuă	continuuă
Coeficient de neuniformitate (Un)	min. 8	min. 8	min. 8
Echivalent de nisip (EN)	min. 30	min. 30	min. 30
Uzură cu mașina tip Los Angeles (LA), %	max. 35	max. 35	max. 35

Balast pentru straturi rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

Tabelul VI.2.18

Domeniul de utilizare	Straturi de bază și de ranforsare pentru structuri rutiere semirigide, pentru clasele tehnice:				Straturi de fundație pentru structuri rutiere semirigide, indiferent de clasa de trafic
	I	II	III	IV -V	
Sort	0-16				0-25
Caracteristică	Condiții de admisibilitate				
Conținut de fracțiuni 0...8 mm, %	52...76			50...80	50...80
Granulozitate	să se înscrie între curbele din fig.VII.16			continuuă	continuuă
Coeficient de neuniformitate (Un)	–			min. 8	min. 8
Echivalent de nisip (EN)	min. 50			min. 30	min.30
Grad de spargere, %	min. 80	min. 40	–	–	–
Indice de concasaj. %	min. 50	min. 30	–	–	–
Uzură cu mașina tip Los Angeles (LA), %	max. 35			max. 35	max. 35

Balastul pentru straturi de bază din mixturi asfaltice cilindrate executate la cald trebuie să îndeplinească condițiile tehnice din STAS 7970.

3. Lianți hidraulici și puzzolanici

Lianții hidraulici sunt definiți drept pulberi minerale care în amestec cu apa și dacă este necesar, cu un agent de activare, reacționează în mod nereversibil cu apa. Această reacție conduce la formarea de cristale hidratate, cu proprietăți de liant și o coeziune puternică.

Literatura tehnică de specialitate din țara noastră face o separare netă între lianții hidraulici și cei puzzolanici, ultimii fiind cei care necesită existența unui activant pentru a avea proprietăți hidraulice.

3.1. Lianți hidraulici

Lianții hidraulici utilizați la stabilizarea agregatelor naturale sau a pământurilor din alcătuirea straturilor de bază și de fundație rutiere sunt:

- cimentul uzual, conform SR EN 197-1;
- cimentul pentru drumuri și piste de aeroporturi, conform STAS 10092.

3.1.1. Ciment uzual

Cimentul uzual, denumit ciment CEM, dozat corespunzător și amestecat cu agregate naturale și apă, trebuie să fie capabil să producă beton sau mortar care să-și mențină lucrabilitatea pentru o perioadă de timp suficientă, și după perioada de timp definită, trebuie să atingă niveluri de rezistență specifice și să prezinte de asemenea stabilitate de volum pe termen lung.

La stabilizarea pământurilor și a agregatelor naturale poate fi utilizat ciment Portland (CEM I) sau ciment Portland cu diferite adaosuri (CEM II), a căror compoziție este dată în tabelul VI. 3.1. Se recomandă utilizarea cimentului Portland cu zgură.

Aceste cimente trebuie să aibă o clasă de rezistență inițială normală, notată cu N, și trebuie să îndeplinească condițiile mecanice și fizice din tabelul VI. 3.2.

Compoziția cimenturilor uzuale

Tabelul VI.3.1

Denumire	Simbol	Compoziție nucleu (%)					
		Clincher K	Zgură granulată de furnal S	Puzzolană naturală P	Cenușă zburătoare silicioasă V	Calcar L	Componente suplimentare minore
Ciment Portland	CEM I	95...100	-	-	-	-	0...5
Ciment Portland cu zgură	CEM II/A-S	80...94	6...20	-	-	-	0...5
	CEM II/B-S	65...79	21...35	-	-	-	0...5
Ciment Portland cu cenușă	CEM II/A-V	80...94	-	-	6...20	-	0...5
Ciment Portland cu puzzolană naturală	CEM II/A-P	80...94	-	6...20	-	-	0...5
	CEM II/B-P	65...79	-	21...35	-	-	0...5
Ciment Portland cu calcar	CEM II/A-L	80...94	-	-	-	6...20	0...5
	CEM II/B-L	65...79	-	-	-	21...35	0...5
Ciment Portland Compozit	CEM II/A-M	80...94	6...20				0...5
	CEM II/B-M	65...79	21...35				0...5

Caracteristicile cimentului

Tabelul VI.3.2

Clasa de rezistență	Rezistența la compresiune, MPa		Timpul inițial de priză	Expansiunea
	Rezistența inițială	Rezistența standard		
	7 zile	28 zile	min.	mm
32,5 N	min. 16	32,5...52,5	minim 75	max.10

3.1.2. Ciment pentru drumuri și piste aeroportuare

Acest ciment, cu simbol CD, este fabricat special pentru utilizarea lui la drumuri și la piste aeroportuare. El se obține prin măcinarea clincherului, a cărei compoziție mineralogică trebuie să se încadreze în tabelul VI.3.3, cu o cantitate de gips, astfel încât conținutul de SO_3 să fie de max. 3 %.

Compoziția chimică a clincherului

Tabelul VI.3.3

Constituenți mineralogici	Condiții de admisibilitate
Aluminat tricalcic (C_3A), %	max. 6
Feroaluminat tetracalcic (C_4AF), %	min. 18

Compoziția chimică a cimentului trebuie să fie conform tabelului VI.3.4.

Compoziția chimică a cimentului pentru drumuri

Tabelul VI.3.4

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Reziduu insolubil în HCl, %	max. 1,00
Pierderi la calcinare (PC), %	max. 3,00
Oxid de magneziu (MgO), %	max. 2,50
Trioxid de sulf (SO_3), %	max. 3,00
Oxid de calciu liber (CaO) _{LIB.} , %	max. 1,00

Caracteristicile trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- timpul inițial de priză de minimum 2 ore și nu se va termina mai târziu de 10 ore;
- expansiunea, de maxim 10 mm;
- finețea de măcinare, măsurată prin suprafața specifică, să varieze în intervalul $2800...3500 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Caracteristicile mecanice vor avea valorile din tabelul VI.3.5.

Rezistențele mecanice ale cimentului pentru drumuri

Tabelul VI.3.5

Denumirea încercării	Rezistența (MPa), la vârsta de:		
	2 zile	7 zile	28 zile
Intindere din încovoiere	min. 3,5	min. 5,0	min. 6,5
Compresiune	min. 15	min. 26	min. 40

Utilizarea cimentului pentru drumuri prezintă marele avantaj de a fi caracterizat printr-un timp inițial de priză mai mare decât al celorlalte tipuri de cimenturi, care permite transportul la distanțe mai mari ale amestecului de agregate naturale, ciment și apă.

3.2. Lianți puzzolanici

Lianții puzzolanici utilizați în România sunt:

- artificiali:
 - zgura granulată, conform SR 648;
 - cenușa de termocentrală;
- naturali:
 - tuful vulcanic măcinat.

3.2.1. Zgura granulată

Zgura granulată de furnal se obține prin răcirea rapidă a unei topituri de zgură cu compoziția adecvată, cum este cea rezultată la topirea minereului de fier într-un furnal. Zgura granulată de furnal trebuie să conțină masă vitroasă cel puțin 2/3 din masă; suma dintre oxidul de calciu, oxidul de magneziu și dioxidul de siliciu trebuie să reprezinte 2/3 din masă, restul fiind oxid de aluminiu și alți oxizi, în cantități mici. Compoziția chimică și masa vitroasă a zgurii granulate îi conferă caracterul de liant, în prezența unui activator.

Caracteristicile chimice ale zgurii granulate de furnal trebuie să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelul VI.3.7, în conformitate cu prevederile SR 648, iar cele fizice pe cele din tabelul VI.3.8.

Condițiile de admisibilitate pentru caracteristicile chimice ale zgurii granulate de furnal

Tabelul VI.3.7

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Reziduul insolubil în HCl, %	max. 1,5
Oxidul de magneziu, MgO, %	max. 7,0
Sulf din sulfuri, S _s , %	max. 2,0
Sulfati, SO ₃ , %	max. 2,5
Mangan, Mn ₂ O ₃ , %	max. 2,0
Pierderi prin calcinare, %	max. 3,0
Cloruri, Cl, %	max. 0,1
Umiditate, %	max. 1,0
Moduli chimici:	
CaO + SiO ₂ + MgO, %	min. 66
(CaO + MgO)/SiO ₂	min 1,0
CaO/SiO ₂	1,1 ... 1,4

Condițiile de admisibilitate pentru caracteristicile fizice ale zgurii granulate

Tabelul VI.3.8

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Densitatea aparentă în grămadă în stare uscată, kg/dm ³	max. 1,1
Umiditatea de referință, %	max. 16
Conținut de masă cristalină, %	min. 67
Timpul inițial de priză, minute	min. 60
Stabilitatea, mm	max. 10

Rezistența la compresiune determinată conform SR EN 196-1 trebuie să fie de min. 12,0 MPa la vârsta de 7 zile și de min. 32,5 MPa la vârsta de 28 zile.

3.2.2. Cenușa de termocentrală

Cenușa de centrală termoelectrică rezultă din arderea cărbunilor în stare pulverizată în focarele cazanelor. La stabilizarea agregatelor naturale se utilizează cenușa de termocentrală captată uscat de la electrofiltre tip A, cu activitate normată și care se consideră că poate înlocui parțial cimentul.

Caracteristicile fizico-chimice pe care trebuie să le prezinte acest tip de cenușă sunt date în tabelul VI.3.9.

Caracteristicile cenușii de termocentrală

Tabelul VI.3.9

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Umiditate, %	max. 1
rest pe sita cu țesătură de sârmă 02, STAS 1077-67, %	conform tabelului 6.25
Pierdere la calcinare, %	max. 5
Suma oxizilor de siliciu, alumina și fier ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), %	min. 70
Oxid de magneziu (MgO), %	max. 5
Trioxid de sulf (SO_3), %	max. 3
Alcalii solubile în apă, %	max. 1*
Oxid de calciu (CaO) liber, %	max. 2
Indice de activitate	conform tab. VI.3.10

*Respectarea acestei condiții este obligatorie numai în cazul betoanelor preparate cu agregatele naturale reactive.

Indicele de activitate și restul pe sita 02

Tabelul VI.3.10

Centrala termoelectrică	Condiții de admisibilitate după metoda		
	pe epruvete de mortar	pe probe de cenușă	
	Indice de activitate I_A^{24}	Conținut de parte vitroasă, %	Rest pe sita 02, %
Mintia	min. 0,65	min. 65,5	max. 10
Ișalnița		min. 75	max. 10
Rovinari		min. 77	max. 1*
Borzești		min. 73,5	max. 4*
Doicești		min. 75	max. 4*

* Valorile restului pe sita 02 pot fi depășite cu max. 10 %, dacă este îndeplinită condiția de admisibilitate pentru indicele de activitate la 24 ore (I_A^{24})

La verificarea calității cenușii pe probe, condiția de rest pe sita 02 trebuie să fie îndeplinită concomitent cu cea de conținut de parte vitroasă.

Se menționează că utilizarea cenușii de la alte centrale termoelectrice decât cele menționate în tabelul de mai sus se va face numai pe baza unui studiu efectuat de un institut de specialitate.

3.2.3. Tuf vulcanic măcinat

Tuful vulcanic măcinat constituie un liant puzzolanice natural, fiind un material bogat în silice și alumina, capabil să reacționeze cu varul în prezența apei și să formeze produși cu proprietăți liante.

În România există depozite importante de tufuri vulcanice. Ele au în general o structură mixtă, fiind alcătuite dintr-o masă de bază formată din fragmente de sticlă, în care sunt prinse cristale și fragmente de cristale și roci, cu dimensiuni 0...2 mm și o textură în general poroasă sau vacuară, mai rar compacte, fiind puternic coezive sau friabile după gradul de cimentare și fisurare. În funcție de natura mineralogică, tufurile pot fi riolitice și riodacitice, dacitice și andezitice, având compoziția mineralogică din tabelul VI.3.11.

Compoziția mineralogică a tufurilor vulcanice

Tabelul VI.3.11

Mineralul	Tufuri		
	riolitice și riodacitice	dacitice	andezitice
Pastă vitrofircă (sticloasă), %	70...93	–	–
Pastă zeolitizată, %	–	70...85	–
Pastă andezitică (devitrificată), %	–	–	cca. 20
Feldspați, %	1...10	1...25	–
Cuart, %	1...10	1...20	5...10
Calcit, dolomit, %	1...10	3...15	5...10
Minerale accesorii (mice, clorit, illit, sericit, oxizi de fier, etc.), %	1...4	1...3	2...3

Caracteristicile tufurilor vulcanice măcinate care le conferă proprietăți puzzolanice sunt următoarele:

- compoziția chimică este caracterizată printr-un conținut ridicat de silice (54...69%) și alumina (8...20 %) și un conținut redus de calciu legat sau disponibil (3...14 %);

- materialul are faze în care silicea și alumina este mobilizabilă, ca în cazul structurilor amorfe și mai ales cel al sticlelor acide sau să conțină unele minerale cristalizate, ca zeoliții sau chiar feldspații sau leucitul, care au proprietatea de a combina cantități apreciabile de oxid de calciu;

- materialul, prin măcinare, prezintă o stare pulverulentă, deci o suprafață specifică mare, reacția puzzolanică fiind o reacție de suprafață.

Reacția puzzolanică implică introducerea în amestec a unui activator și anume, var sau ciment, în proporție de 2...3 % (raportat la amestecul uscat de agregate naturale, tuf vulcanic măcinat și activator).

Administratorii rețelelor de drumuri au arătat în perioada 1980-1989 un interes deosebit pentru utilizarea tufurilor vulcanice măcinate ca liant puzzolanice, determinat nu numai de prețul redus al acestui material și de distanțele reduse de transport, dar și de avantajele tehnologiei de execuție a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu acest liant, care vor fi prezentate în capitolul VII.

Condițiile de admisibilitate pe care trebuie să le îndeplinească tuful vulcanic măcinat sunt date în tabelul VI.3.12.

Caracteristicile tufului vulcanic măcinat

Tabelul VI.3.12

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Finețe de măcinare:	
- treceri prin sita cu țesătura de sârmă 1, STAS 1077, %	min. 90
- treceri prin sita cu țesătura de sârmă 009, STAS 1077, %	min. 65.
Densitate în grămadă în stare afânată, kg/dm ³	max. 1
Umiditate, %	max. 16

Tuful vulcanic măcinat de Trăistari, județul Vâlcea utilizat ca material cu activitate puzzolanică în prezența unui activator constituie obiectul unui caiet de sarcini, care face parte integrantă din instrucțiunile indicativ CD 127.

Compoziția chimică informativă a acestui material este conform acestui caiet de sarcini:

- SiO_2 66...70 %
- Al_2O_3 11...14 %
- CaO 2... 5 %

Furnizorul trebuie să garanteze această compoziție chimică.

Utilizarea tufurilor vulcanice măcinate provenite din exploatarea a altor zăcămintele implică omologarea acestora, conform reglementărilor tehnice actuale în vigoare.

4. Lianți bituminoși

Principalii lianți bituminoși folosiți în prezent în tehnologiile de execuție a straturilor bituminoase sunt:

- bitumurile neparafinoase pentru drumuri;
- bitumurile modificate cu polimeri;
- bitumurile aditivate;
- emulsiile bituminoase cationice.

Primele trei categorii de lianți bituminoși se folosesc la prepararea și punerea în operă la cald a mixturilor asfaltice, iar emulsiile bituminoase cationice se utilizează la realizarea straturilor bituminoase prin tehnologii la rece.

4.1. Bitumuri neparafinoase pentru drumuri

Bitumurile neparafinoase pentru drumuri provin din țițeiuri neparafinoase, selecționate. Ele se obțin prin prelucrarea reziduurilor de la distilarea primară a țițeiurilor. Preocupările specialiștilor din sectorul de drumuri privind îmbunătățirea calității straturilor bituminoase au arătat că unele prevederi ale STAS 754 “Bitum neparafinos pentru drumuri”, privind performanțele tipurilor de bitum destinate preparării mixturilor asfaltice, trebuie să fie modificate și completate cu cerințe noi, în corelare cu noile cerințe privind performanțele impuse straturilor bituminoase prevăzute de reglementările tehnice în vigoare..

În aceste condiții, au fost stabilite noi reglementări tehnice privind bitumurile de drumuri destinate executării straturilor bituminoase și anume:

- specificații pentru bitumuri rutiere:
 - SR 754 “Bitum neparafinos pentru drumuri”;
 - SR EN 12591 “Bitum și lianți bituminoși”;
- normativ indicativ AND 537 “Normativ privind caracteristicile tehnice ale bitumurilor neparafinoase pentru drumuri”.

Prevederile acestor standarde au fost introduse în SR 174-1 “Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice pentru mixturi asfaltice”, intrat în vigoare în anul 2009. Principalele modificări impuse de aceste reglementări tehnice, comparativ cu STAS 754-86 sunt:

- stabilirea unor noi tipuri de bitum;
- modificarea condițiilor de admisibilitate pentru unele caracteristici ale bitumurilor (ductilitate, penetrație, punct de înmuiere, punct de rupere Fraass);
- introducerea unor noi caracteristici care să asigure o mai bună calitate a mixturilor asfaltice, cum sunt:
 - stabilitatea prin încălzire, în film subțire a bitumului, la temperatura de 163°C (metodele RTFOT și TFOT), care pune în evidență susceptibilitatea la îmbătrânire prematură a bitumului, în procesul de preparare a mixturii asfaltice. Pentru aceste încercări utilizate pe plan internațional, au

fost elaborate instrucțiuni metodologice de laborator (ind. AND 535 și 536), iar în prezent au fost preluate standardele europene respective ca standarde naționale (SR EN 12607-1 și SR EN 12607-2);

- adezivitatea bitumului față de agregatele naturale;
- compoziția chimică, exprimată prin indicele de instabilitate chimică Ic (conform instrucțiunilor indicativ AND 521).

Conform reglementărilor tehnice în vigoare, respectiv SR 174-1 pentru îmbrăcămintele bituminoase (strat de uzură și strat de legătură) și SR 7970 privind straturile de bază din mixturi asfaltice, tipurile de bitum pentru execuția straturilor bituminoase sunt:

- D 60/80 și D 80/100, conform SR 754;
- 35/50, 50/70 și 70/100, conform SR EN 12591.

Domeniile de utilizare ale acestor tipuri de bitum prevăzute de SR 174-1 și SR 7970 sunt diferențiate în funcție de tipul stratului bituminos și de zona climaterică în care este situat drumul, conform figurii VI.6.1 și a tabelului VI.4.1.

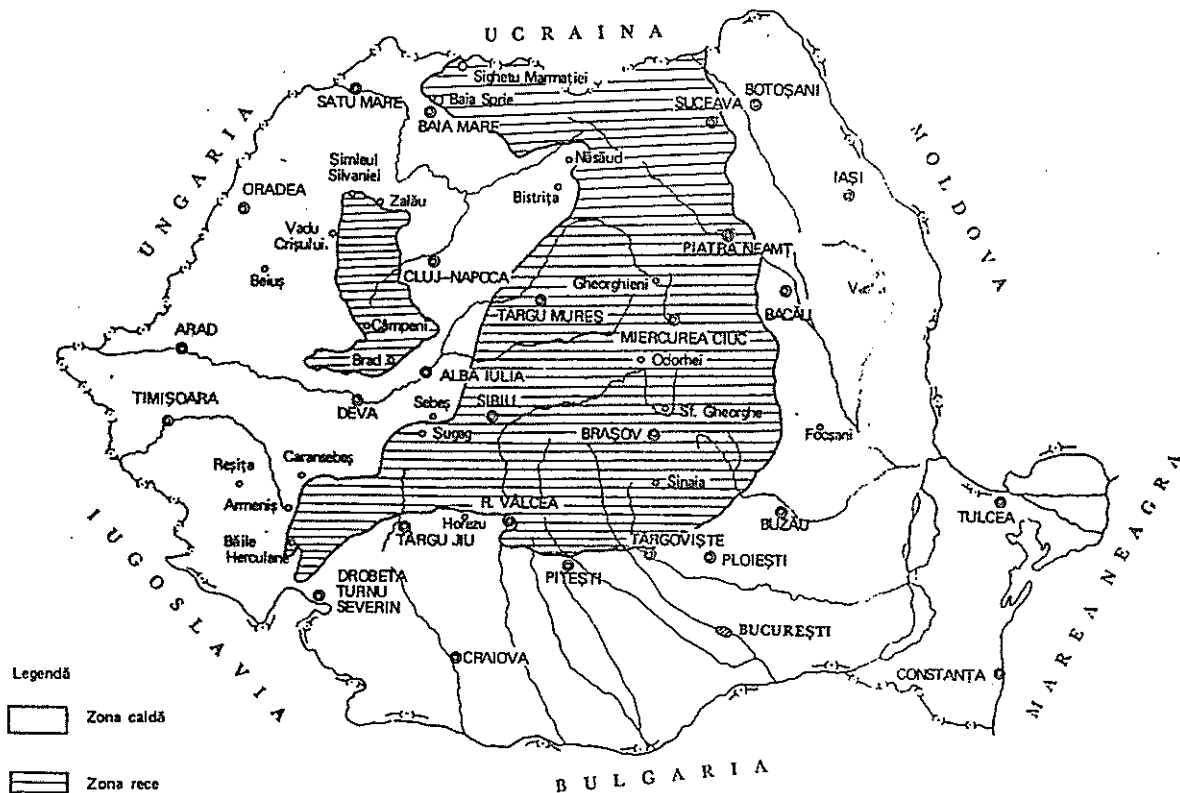


Figura VI.6.1. Harta cu zonele climaterice – SR 174-1

Domeniul de utilizare a biturilor neparafinoase pentru drumuri

Tabelul VI.4.1

Stratul bituminos	Zona climaterică caldă	Zona climaterică rece
	Tipul bitumului	
Strat de uzură	50/70, 70/100 D 60/80, D80/100	50/70, 70/100 D 60/80, D80/100
Strat de legătură	35/50, 50/70, 70/100 D 60/80, D 80/100	50/70, 70/100 D 60/80, D 80/100
Strat de bază	D 60/80	D 80/100

Pentru îmbrăcămințile bituminoase executate pe drumuri de clasă tehnică I și II, se poate recomanda pe bază de studii tehnice, folosirea biturilor mai dure, respectiv tip 35/50, numai pentru zona climaterică caldă.

Pentru stratul de bază se apreciază că pot fi utilizate și biturile 50/70 pentru zona climaterică caldă și 70/100 pentru zona climaterică rece.

Biturile folosite la execuția straturilor bituminoase trebuie îndeplinească următoarele condiții tehnice:

- bitum neparafinos pentru drumuri tip D 60/80 și D 80/100, conform SR 754, prezentate în tabelul VI.4.2;
- bitum neparafinos pentru drumuri tip 35/50, 50/70 și 70/100 conform SR EN 12591 și unor condiții suplimentare privind ductilitatea, punctul de rupere Fraass și stabilitatea prin încălzire în film subțire (RTFOT și TFOT), impuse de SR 754-1, prezentate în tabelul VI.4.3 și VI.4.4.

Referitor la standardul european EN 12591 "Bitum și lianți bituminoși. Specificații pentru bitumuri rutiere" preluat ca standard român (SR EN 12591) prin metoda confirmării, sunt de reținut următoarele:

- standardul cuprinde o gamă largă de tipuri de bitum, care să acopere domeniul de aplicare pentru toate țările europene care sunt membre CEN;
- biturile rutiere sunt repartizate în trei clase:
 - clase definite prin penetrabilitatea nominală la 25 °C de la 20 1/10 mm până la 350 1/10 mm, specificate prin penetrația la 25 °C și punctul de înmuiere (tabelul 1, EN 12591);
 - clase definite prin penetrabilitatea nominală la 25 °C de la 250 1/10 mm până la 900 1/10 mm, specificate prin penetrația la 15 °C și vâscozitatea dinamică la 60 °C (tabelul 2, EN 12591);
 - clase definite prin vâscozitatea dinamică la 60 °C pentru bitumuri moi (tabelul 3, EN 12591).

Caracteristicile biturilor neparafinoase pentru drumuri – SR 754

Tabelul VI.4.2.

Caracteristici	Tipul bitumului	
	D 60/80	D 80/100
	Condiții de admisibilitate	
Penetrație la 25°C, 1/10 mm	60...80	80...100
Punct de înmuiere IB, °C	49...55	43...49
Ductilitate la: 5 °C, cm 25 °C, cm	min. 4 min. 100	min. 5 min. 100
Punct de rupere Fraass, °C	max. -13	max. -15
Punct de inflamabilitate Marcusson, °C	min. 250	min. 250
Solubilitate în solvenți organici, %	min. 99	min. 99
Stabilitate prin încălzire în film subțire la 163 °C: - pierdere de masă, % - penetrație reziduală la 25 °C, % - creșterea punctului de înmuiere IB, °C - ductilitate reziduală la 25 °C, cm	max.0,80 min. 50 max. 9 min. 50	max. 0,80 min. 47 max. 9 min. 75
Conținut de parafină, %	max. 2,0	max. 2,0
Densitate la 15°C, g/cm ³	min. 0,995	min. 0,992
Adezivitate pe agregat etalon*, %	min. 80	min. 80

* Agregatul natural este agregat Chileni, sort 5...8

Se precizează că metodele de încercare prevăzute de SR 754 au fost înlocuite cu standardele europene preluate ca standarde naționale, care sunt prezentate în ANEXA 5.

**Specificații pentru bitumurile neparafinoase
pentru drumuri – SR EN 12591**

Tabelul VI.4.3

Caracteristica	Tipul bitumului		
	35/50	50/70	70/100
	Condiții de admisibilitate		
Penetrație la 25°C, 1/10 mm	35...50	50...70	70...100
Punct de înmuiere IB, °C	50...58	46...54	43...51
Rezistența la îmbătrânire la 163 °C:			
- pierdere de masă, %	0,5	0,5	0,5
- penetrație reziduală, %	53	50	46
- punct de înmuiere după încălzire, °C	52	48	45
Punct de inflamabilitate, °C	240	230	230
Solubilitate, %	99,0	99,0	99,0

Specificațiile pentru bitumurile din prima clasă, din care au fost selectate bitumurile prevăzute în SR 174-1:2009, se referă la:

- penetrație la 25 °C;
- punct de înmuiere IB;
- rezistență la îmbătrânire la 163 °C;
- punct de inflamabilitate;
- solubilitate.

Ținând seama de condițiile climaterice din țara noastră, față de cerințele specificate în SR EN 12591, prezentate în tabelul VI.4.3, bitumurile trebuie să prezinte condiții suplimentare privind ductilitatea, punctul de rupere Fraass și stabilitatea la îmbătrânire, conform tabelului VI. 4.4.

Este de reținut faptul că în ultimii ani sunt studiate metodele fundamentale pentru bitumurile pure și modificate, conform specificațiilor SHRP, care definesc comportarea reologică și la fisurare a lianților bituminoși, și anume:

**Specificații suplimentare pentru bitumuri
neparafinoase pentru drumuri – SR 174-1**

Tabelul VI. 4.4

Caracteristica	Tipul bitumului		
	35/50	50/70; D 60/80	70/100; D 80/100
Ductilitate la 25 °C:			
- pentru bitumul neîmbătrânit, cm	min. 50	min. 100	min. 100
- pentru bitumul îmbătrânit prin metoda TFOT/RTFOT, cm	min. 25	min. 50	min. 75
Punct de rupere Fraass, °C	max. -8	max. -8	max. -10
Rezistența la îmbătrânire la 163 °C:			
- ductilitate reziduală, cm	-	min. 50	min. 75
Adezivitate pe agregat etalon, %	min. 80	min. 80	min. 80

- modulul de forfecare dinamic, cu aparatul Reometru de forfecare dinamică (Dynamic Shear Rheometer);
- rezistența la forfecare din încovoiere, cu aparatul Reometru cu grindă de încovoiere (Bending Beam Rheometer);
- rezistența la rupere din încovoiere, cu aparatul de întindere indirectă (Direct Tension);
- rezistența la îmbătrânire pe termen lung (în timpul exploatării drumului), prin metoda de îmbătrânire accelerată (PAV).

Pentru aceste metode au fost elaborate atât instrucțiunile metodologice de laborator, precum și condițiile tehnice privind clasificarea bitumurilor.

4.2. Bitumuri modificate cu polimeri

Bitumul modificat cu polimeri este liantul obținut prin tratarea bitumului neparafinos pentru drumuri (bitum pur) cu anumite tipuri de polimeri, operație care îi conferă proprietăți fizico-chimice specifice.

Prepararea bitumului modificat se realizează în rafinărie sau pe șantier, la locul de preparare a mixturii asfaltice, în instalații speciale cu funcționare în flux continuu sau discontinuu, la temperaturi de 160...180 °C.

Instalația de preparare a bitumului modificat este constituită, de regulă, din:

- recipient vertical cu agitator;
- moară coloidală;
- rezervor de depozitare a bitumului modificat, dotat cu echipamente de încălzire și de recirculare permanentă a liantului sau de agitare, pentru omogenizare pe timpul stocării acestuia.

Procesul de preparare prezintă în general trei faze:

- faza de dispersie și umflare a polimerului în masa de bitum, care se realizează în recipientul vertical, prin introducerea polimerului în bitumul încălzit la temperatura de 160°C și amestecarea lor sub agitare continuă, timp de minim 30 minute;
- faza de dispersie-măcinare, în moara coloidală;
- faza de omogenizare care se realizează prin recircularea amestecului, de mai multe ori, din moara coloidală în rezervorul vertical, până la obținerea produsului finit.

Pentru prepararea bitumului modificat se folosesc bitumul tip D 80/100 – SR 754 și bitumul 70/100 – SR EN 12591, care trebuie să îndeplinească condițiile tehnice din tabelele VI.4.2 și respectiv, VI. 4.3 și VI.4.4.

Dozajul de polimeri este de 3...6 % din greutatea bitumului, procent care se stabilește în funcție de tipul polimerului, bitumul utilizat, zona climaterică de aplicare și tipul lucrării.

Tipul de polimer și dozajul acestuia în bitum se stabilesc pe baza studiului preliminar, efectuat în cadrul unui laborator autorizat/acreditat.

Caracteristicile bitumurilor modificate cu polimeri pot fi grupate astfel:

- caracteristici specifice care pun în evidență performanțele bitumurilor modificate cu polimeri:
 - omogenitatea, respectiv gradul de dispersie al particulelor de polimer în bitum și mărimea acestora, care definește structura liantului;
 - revenirea elastică, care evidențiază proprietățile elastice ale bitumului modificat;
 - stabilitatea la stocare, pe baza căreia se evaluează riscul de segregare a celor doi constituenți, bitum și polimer.
- caracteristici tradiționale:
 - penetrația, pentru estimarea consistenței liantului;
 - punctul de înmuiere, punctul de rupere Fraass și ductilitatea, pentru aprecierea plasticității liantului;
 - stabilitatea la îmbătrânire în timpul preparării mixturii asfaltice;

Prescripțiile tehnice în vigoare se referă la două tipuri de bitum modificat, în funcție de domeniul lor de utilizare și anume:

- bitum modificat pentru îmbrăcămințile bituminoase rutiere, notat cu simbolul B_m , conform Normativului privind îmbrăcămințile bituminoase cilindrate la cald realizate cu bitum modificat cu polimeri, indicativ AND 549 ;
- bitum modificat pentru îmbrăcămințile bituminoase așternute pe calea pe pod, notat cu simbolul B_{mp} , conform Normativului privind execuția la cald a îmbrăcăminților bituminoase pentru calea pe pod, indicativ AND 546.

Conform normativului indicativ AND 549, bitumul modificat B_m se folosește la execuția îmbrăcăminților bituminoase pe drumurile de clasă tehnică I...III. De asemenea, el se folosește la lucrări speciale, justificat din punct de vedere tehnic și economic, ca de exemplu: benzi de

circulație destinate vehiculelor grele, zone cu accelerări sau decelerări frecvente, zone de staționare, etc.

Bitumul modificat B_m trebuie să îndeplinească condițiile tehnice din tabelul VI.4.5.

Caracteristicile bitumului modificat B_m pentru îmbrăcămînți bituminoase

Tabelul VI. 4.5

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Penetrație la 25 °C, 1/10 mm	55...70
Punct de înmuiere IB, °C	min. 55
Ductilitate la: - 13 °C, cm - 25 °C, cm	min. 40 min. 100
Punct de rupere Fraass, °C	max. -20
Revenire elastică la 13 °C, %	min. 60
Stabilitate la încălzire în strat subțire la 163 °C (metoda RTFOT): - pierdere de masă, % - penetrație reziduală, % - creșterea punctului de înmuiere IB, °C - ductilitate la 13 °C, cm - revenire elastică la 13 °C, %	max. 0,8 min. 50 max. 9 min. 40 min. 60
Adezivitate, %	min. 85
Omogenitate (microscop cu lumină fluorescentă); dispersie foarte fină a particulelor sub 5 μ , %	min. 80
Stabilitate la stocare 72 ore la temperatura de 163 °C; diferența între punctele de înmuiere IB, °C	max. 5

Caracteristicile și condițiile tehnice din tabelul VI.4.5 au fost stabilite pe baza cercetărilor de laborator și a verificării comportării în exploatare a sectoarelor experimentale executate cu birum modificat cu polimeri, finalizate prin elaborarea în anul 1999 a normativelor indicativ AND 546 și 549, actualizate în perioada 2000 – 2002.

În anul 2007, standardul european EN 14023 "Bitum și lianți bituminoși. Cadru pentru specificațiile biturilor modificate cu polimeri" a fost preluat ca standard român SR EN 14023. Acest standard stabilește cerințele esențiale pentru biturile modificate cu polimeri și anume:

- consistența la temperatură ridicată de exploatare, exprimată prin punctul de înmuiere IB (EN 1427);

- durabilitatea "consistenței", respectiv coeziunea, măsurată prin una din metodele de mai jos:

- forță – ductilitate (tracțiune la viteză mică) (EN 13589 și EN 13703);
- sonetă pendulară (încercare la șoc) (EN 13588);
- durabilitatea, respectiv rezistența la întărire (EN 12607–1, metoda RTFOT sau EN 12607-3, metoda cu balonul rotativ).

Standardul împarte biturile modificate cu polimeri în unsprezece clase, în funcție de valorile penetrației la 25 °C, conform tabelului VI.4.6. Totodată, standardul stabilește cerințe suplimentare referitoare la următoarele caracteristici:

- punct de rupere Fraass;
- revenire elastică la 25 °C;
- revenire elastică la 10 °C;
- interval de plasticitate;
- stabilitate la depozitare.

În acest mod, se permite selecționarea celei mai potrivite specificații pentru bitum, ținând seama de condițiile climaterice locale și de utilizarea sa.

Cadru pentru specificațiile referitoare la cerințele esențiale și la clasele de bitumuri modificate

Tabelul VI.4.6

Cerință esențială		Clase referitoare la cerințe esențiale pentru bitumuri modificate cu polimeri											
		0 ^a	1 ^b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Consistență la temperatura intermediară de exploatare	Penetrație la 25 °C, 1/10 mm		TBR	10-40	25-55	45-80	40-100	65-105	75-130	90-150	120-200	200-300	
	Temperatura de înmuiere, °C		TBR	≥ 80	≥ 75	≥ 70	≥ 65	≥ 60	≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40	
Coeziune ^c	Forță-ductilitate ^e (Tracțiune la viteză mică), J/cm ² sau	NPD	TBR	≥ 3 la 5°C	≥ 2 la 5°C	≥ 1 la 5°C	≥ 2 la 0°C	≥ 2 la 10°C	-	-	-	-	
	Încercarea de tracțiune la 5 °C (Tracțiune la viteză mare), J/cm ² sau	NPD	TBR	≥ 3	≥ 2	≥ 1	-	-	-	-	-	-	
	Soneta-pendulară ^e (Încercare de șoc), J/cm ²	NPD	TBR	≥ 0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	
Durabilitate ^d (Rezistență la întărire)	Variație de masă, %	NPD	TBR	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 1,0	-	-	-	-	-	
	Penetrație remanentă, %	NPD	TBR	≥ 35	≥ 40	≥ 45	≥ 50	≥ 55	≥ 60	-	-	-	
	Creșterea punctului de înmuiere, °C	NPD	TBR	≤ 8	≤ 10	≤ 12	-	-	-	-	-	-	
Alte caracteristici	Punct de inflamabilitate ^e , °C			≥ 250	≥ 235	≥ 220	-	-	-	-	-	-	

NOTE:

- a Știind că sistemul de clase se aplică consistenței la temperaturi intermediare și ridicate de exploatare, trebuie indicate valorile acestor caracteristici.
- b Clasa 1, opțiunea TBR nu trebuie utilizată nici pentru declarațiile reglementare, nici pentru marcare.
- c Pentru coeziune, trebuie aleasă o singură metodă în funcție de utilizarea finală.
- d Coeziunea cu soneta pendulară (EN 13588) nu trebuie utilizată pentru lianții pentru tratamente de suprafață.
- e Rezistența la întărire: în caz de litigiu, trebuie utilizat doar RTFOT (a se vedea EN 12607-1).
- e Rezistența la întărire nu se pretează pentru bitumuri pentru tratamente de suprafață.
- e Din motive de siguranță, clasele 0 și 1 nu trebuie utilizate.
- În tabel au fost utilizate următoarele prescurtări:
- NPD pentru "Performanță nedeterminată": această clasă a fost adăugată pentru țările în care această caracteristică, pentru o utilizare finală, nu este supusă nici unei cerințe reglementare;
- TBR pentru "de precizat": această clasă semnifică faptul că producătorul este invitat, dar nu obligat, să furnizeze informații împreună cu produsul.

În consecință, SR EN 14023 precizează că fiecare țară va dispune o selecție distinctă de specificații în funcție de condițiile climatice, de trafic și de domeniul de aplicare, care să se regăsească într-un document național care să indice cerințele pentru bitumurile cu polimeri plecând de la specificațiile din tabelul VI.4.6 și de la cerințele suplimentare prevăzute de acest standard.

Din compararea caracteristicilor prevăzute de normativul indicativ AND 549 pentru bitumul modificat B_m (tabelul VI.4.5 cu cele din SR EN 14023 pentru clasa de bitum modificat 45-80 (tabelul VI.4.6) prezentată în tabelul VI.4.7, rezultă că normativul prevede principalele cerințe din standardul european. În consecință, se recomandă pentru îmbrăcămintile bituminoase rutiere, folosirea bitumului modificat B_m conform acestui normativ, având în vedere că acesta cuprinde caracteristici suplimentare față de SR EN 14023, precum și condiții tehnice pentru unele caracteristici, în condițiile climatice din țara noastră.

Comparație între caracteristicile bitumului modificat cu polimeri din normativul indicativ AND 549 și cele din SR EN 14023

Tabelul VI.4.7

Cerință esențială	Caracteristica	Normativ indicativ AND 549 Bitum modificat B _m	SR EN 14023 Clasa de bitum 45-80
Consistență la temperatura intermediară de exploatare	Penetrația la 25 °C, 1/10 mm	55 - 70	45 - 80
Consistență la temperatura ridicată de exploatare	Temperatura de înmuiere (punct de înmuiere IB), °C	min. 55	≥ 70
Coeziune	Forță – ductilitate (la viteză mică), cm	la 13 °C: min.40 la 25 °C: min.100	la 5 °C: ≥ 1
Durabilitate (Rezistență la îmbătrânire) metoda RTFOT	Variație de masă, %	max. 0,8	≤ 0,8
	Penetrație remanentă, %	min. 50	≥ 45
	Creșterea punctului de înmuiere, °C	max. 9	≤ 12
	Ductilitate la 13 °C, cm	min. 40	-
	Revenire elastică la 13 °C, %	min. 60	-
Cerințe suplimentare	Punct de rupere Fraass, °C	max. -20 °C	≤ -7
	Revenire elastică:		≥ 60
	- la 25 °C, %	min.60	-
	- la 13 °C, %		
	Stabilitate la depozitare:		≤ 19
	- diferența de penetrație, 1/ mm	max.5	-
	- diferența de punct de înmuiere, °C	-	≥ 50
	- revenire elastică la 25 °C, %		
	Omogenitate (dispersia particulelor sub 5 μ), %	min. 80	-
	Adezivitate, %	min. 85	-

Se precizează că metodele de încercare sunt date în standardele europene preluate ca standarde naționale, care sunt prezentate în ANEXA 5.

4.3. Bitumuri aditivate

Bitumul aditivat este liantul obținut prin amestecarea bitumului neparafinos pentru drumuri (bitum pur) cu aditivi tensio-activi, în rafinărie sau pe șantier în instalații tip tanc de bitum, la temperaturi de 120...140 °C. El se notează cu simbolul B_a.

Incorporarea aditivilor tensio-activi în bitum se realizează în scopul creșterii adezivității liantului față de agregatele naturale în prezența apei, în cazul în care valoarea adezivității, determinată conform STAS 10969 este sub 80%.

Dozajul de aditiv tensio-activ este de 0,5...1,0% din greutatea bitumului aditivat, procent care se stabilește în funcție de tipul aditivului, a bitumului și de natura mineralogică a agregatelor naturale utilizate, în condițiile respectării condițiilor tehnice pentru bitumul aditivat. Tipul de aditiv și dozajul optim al acestuia în bitumul aditivat se stabilesc pe bază de studiu preliminar efectuat de un laborator de drumuri autorizat sau acreditat.

Reglementările care stabilesc condițiile tehnice pentru bitumul aditivat folosit la execuția îmbrăcăminților bituminoase sunt:

- normativ indicativ AND 553: "Normativ privind execuția îmbrăcăminților bituminoase cilindrate la cald realizate din mixtură asfaltică cu bitum aditivat";
- SR 174-1 Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice pentru mixturi asfaltice.

Lianții care se utilizează la prepararea mixturilor asfaltice cuprinse în aceste reglementări tehnice sunt:

- bitum tip D 60/80 și D 80/100, conform SR 754;
- bitum tip 50/70 și 70/100, conform normativ indicativ AND 537.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condiția de adezivitate de min. 80 % pe agregatul utilizat și condițiile tehnice pentru bitumurile de bază, indicate în tabelele VI.4.2, VI.4.3 și VI.4.4.

Condițiile de calitate pentru bitumurile aditate evidențiază condiția de bază pe care trebuie să o îndeplinească aditivul și anume, de a nu schimba caracteristicile de bază ale bitumului folosit la prepararea acestor lianți hidrocarbonați.

4.4. Emulsii bituminoase cationice

Emulsiile bituminoase cationice sunt dispersii de ordinul micronilor de bitum în apă, în prezența unui emulgator și a unui agent de ionizare, de regulă acidul clorhidric.

Prescripțiile tehnice în vigoare referitoare la acești lianți sunt:

- SR 8877-1 Lucrări de drumuri. Partea 1: Emulsii bituminoase cationice. Condiții de calitate.
- Normativ indicativ AND 552 "Normativ privind condițiile tehnice de calitate ale emulsiilor bituminoase cationice utilizate la lucrările de drumuri";
- SR 8877 -2 Determinarea pseudo-vâscozității Engler a emulsiilor bituminoase;
- SR EN 13808 Bitum și lianți bituminoși. Cadrul pentru specificațiilor pentru emulsiilor cationice de bitum.

Standardul SR 8877-1:2007 reprezintă revizuirea parțială a standardului STAS 8877-72, pe care împreună cu SR 8872-2:2007 îl înlocuiește.

Metodologia de determinare a caracteristicilor emulsiilor bituminoase cationice, utilizate la lucrări de drumuri, indicativ AND 551, a fost înlocuită cu standardele europene preluate ca standarde naționale (SR EN-uri), indicate în anexa 5.

Potrivit SR 8877-1 și normativului indicativ AND 552, emulsiile bituminoase cationice utilizate la lucrările de drumuri se clasifică astfel:

a) după timpul de rupere:

- cu rupere rapidă (simbol EBCR);
- cu rupere semilentă (simbol EBCM);
- cu rupere lentă (simbol EBCL);

b) după bitumul utilizat:

- cu bitum pur;
- cu bitum modificat cu polimeri;
- cu bitum fluxat;

c) după conținutul de bitum:

- cu 60 % bitum;
- cu 65 % bitum.

Bitumul utilizat la prepararea emulsiilor bituminoase cationice este de regulă de tip D 80/100, care trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute în standardul SR 754. Tipul de emulgator și de polimer, precum și dozajele acestora în compoziția emulsiilor bituminoase cationice tip EBCL și EB_mCL, se stabilesc pe bază de studiu preliminar, efectuat de un laborator autorizat sau acreditat.

Emulsiile bituminoase cationice cu rupere rapidă se folosesc, de regulă, la execuția tratamentelor bituminoase, amorsări, badijonări, penetrări.

Cele cu rupere medie se utilizează la prepararea mixturilor asfaltice pentru repararea degradărilor locale în îmbrăcămintea bituminoasă.

Emulsiile bituminoase cationice cu rupere lentă se folosesc la execuția la rece a straturilor bituminoase. Ele se diferențiază în funcție de tipul bitumului utilizat și anume:

- emulsii preparate cu bitum pur, notate cu simbolul EBCL;
- emulsii preparate cu bitum modificat, notate cu simbolul EB_mCL.

Domeniul de utilizare al emulsiilor bituminoase cationice cu rupere lentă este prezentat în tabelul VI.4.6.

Domeniul de utilizare a emulsiilor bituminoase cationice cu rupere lentă

Tabelul VI.4.6

Tipul emulsiei	Domeniul de utilizare
Emulsie cu bitum pur (EBCL)	Prepararea sau reciclarea mixturilor asfaltice la rece
Emulsie cu bitum modificat (EB _m CL)	Execuția de straturi bituminoase foarte subțiri la rece
	Reciclarea mixturilor asfaltice la rece

Emulsiile bituminoase cationice cu rupere lentă trebuie să îndeplinească, conform SR 8877-1, condițiile tehnice din tabelul VI.4.7.

Condiții tehnice pentru emulsiile bituminoase cu rupere lentă

Tabelul VI.4.7.

Caracteristica	Tipul emulsiei	
	EBCL	EB _m CL
	Condiții de admisibilitate	
Indice de rupere	min. 120	min. 120
Conținut de apă, %	min. 58	60...65
Pseudo-vâscozitate Engler la 20 °C, grade Engler	min. 4	min 5
Rest pe sita de 0,5 mm, %	max. 0,5	max. 0,2
Rest pe sita de 0,5 mm după 7 zile de depozitare), %	max. 0,5	max. 0,5
Adezivitate față de agregatul utilizat, %	min.80	min. 80

În cazul emulsiilor bituminoase cationice pe bază de bitum modificat, bitumul rezidual, după evaporarea apei din emulsie, trebuie să îndeplinească următoarele caracteristici:

- conform SR 8877-1:
 - revenire elastică la 13 °C: $\geq 40 \%$;
- conform normativ indicativ AND 552:
 - penetrație la 25 °C: 60...100 1/10 mm;
 - ductilitate la 25 °C: min. 100 cm.

Potrivit standardului SR 8877-1, emulsiile bituminoase cationice trebuie să fie, deasemenea, definite prin niște caracteristici suplimentare, pentru care în prezent nu există condiții de admisibilitate, dar producătorul este obligat să efectueze aceste încercări și să le raporteze în documentul de calitate al produsului, cu indicativul "VFR". Aceste date trebuie să fie utilizate la o viitoare revizuire a standardului.

Caracteristicile indicativ "VFR" prevăzute de standard pentru emulsiile bituminoase cu rupere lentă sunt:

- timp de curgere, 2 mm, la 40 °C, s;
- timp de curgere, 4 mm, la 40 °C, s;
- caracteristicile tehnice ale lianților recuperați prin evaporarea emulsiei bituminoase cationice :

- penetrație la 25 °C, 1/10 mm;
- punct de înmuiere, °C;

- coeziune (numai pentru bitumurile modificate);
- revenire elastică la 10 °C și la 25 °C, %, pentru lianți modificați cu polimer elastomer.

5. Filer

Filerul constituie un material important pentru execuția mixturilor asfaltice, datorită rolului pe care îl are asupra caracteristicilor mecanice și fizice ale acestora și asupra comportării ulterioare, în exploatare, a straturilor bituminoase.

Filerul de calcar se obține prin măcinarea fină a rocilor calcaroase cu conținut de calciu peste 90%.

Filerul de cretă se obține prin măcinarea fină a cretei brute de Mulfatlar – Dobrogea, sort.

D.

Filerul de var stins în pulbere se obține prin stingerea varului pentru construcții cu cantități calculate stochiometric de apă sau vapori, urmată de separare corespunzătoare.

Caracteristicile fizico – chimice ale filerelor trebuie să fie conform tabelului VI. 5.1.

Condiții tehnice pentru filer

Tabelul VI. 5.1.

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Conținut de carbonat de calciu (CaCO_3)*, %	min. 90
Umiditate, %	max. 2
Granulozitate:	100
- treceri prin sita de 0,63 mm, %:	min. 90
- treceri prin sita de 0,20 mm, %	min. 80
- treceri prin sita de 0,090 mm, %	min. 72
- treceri prin sita de 0,071 mm, %	max. 1
Coefficient de hidrofilie	0,5...0,8
Densitatea aparentă după sedimentare în benzen sau toluen, g/cm^3	0,3...0,5
Coefficient de goluri în stare compactată	

* Se determină numai la filerul de calcar și de cretă.

6. Alți constituenți

Stabilizarea cu lianți puzzolanici a agregatelor naturale implică utilizarea unui activator, care poate fi varul stins în pulbere sau varul măcinat.

Execuția terasamentelor și a straturilor rutiere, cu excepția celor din mixturi asfaltice, impune folosirea apei, în vederea obținerii în amestec a umidității optime de compactare.

Tehnologiile moderne de execuție a straturilor bituminoase comportă utilizarea unor adaosuri și anume, polimeri, aditivi sau fibre.

Aceste materiale au în general o pondere redusă în compoziția amestecurilor care alcătuiesc sau straturile rutiere, dar prezintă importanță pentru comportarea ulterioară, în exploatare, a structurii rutiere.

6.1. Constituenți secundari ai amestecurilor de agregate naturale și lianți puzzolanici

6.1.1 Var stins în pulbere

Varul stins în pulbere este un var calcic hidratat sau un var dolomit hidratat, care trebuie să prezinte caracteristicile prevăzute în SR EN 459-1. Caracteristicile chimice trebuie să fie conform tabelului VI.6.1.

Caracteristici chimice ale varului

Tabelul VI.6.1

Tip de var	CaO + MgO %	MgO %	CO ₂ %	SO ₃ %
CL 90	≥ 90	≤ 5 ¹⁾²⁾	≤ 4	≤ 2
CL 80	≥ 80	≤ 5 ¹⁾	≤ 7	≤ 2
DL 85	≥ 85	≥ 30	≤ 7	≤ 2
DL 80	≥ 80	> 5 ¹⁾	≤ 7	≤ 2

Notă: 1) Pentru stabilizarea pământurilor ≤ 10 %.

2) Se admite un conținut de MgO până la 7%, dacă stabilitatea este confirmată conform SR EN 459-2.

Finețea, conform SR EN 459-1 trebuie să fie:

- rest pe sita 0,09 mm ≤ 7%

- rest pe sita 0,2 mm ≤ 2%

6.1.2. Var măcinat

Varul măcinat este utilizat în general pentru beton celular autoclatizat și trebuie să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelul VI.6.2, în conformitate cu SR 9310.

Condițiile de admisibilitate pentru varul măcinat

Tabelul VI.6.2

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Oxid de calciu și magneziu (CaO+MgO) activi, %	min. 90
Oxid de magneziu (MgO), %	max. 5
Durata de stingere, minute	10 ... 25
Temperatura finală de stingere, °C	505 ... 55
Finețea de măcinare:	
- rest pe sita 009, %	max. 15
- rest pe sita 020, %	max. 5

6.1.3. Apa

În mod curent se utilizează apa potabilă provenită din rețeaua de alimentare cu apă. Se poate utiliza și apa recuperată din procese tehnologice, din industria betonului, apa din surse subterane, apa de suprafață naturală și apa uzată industrial, apa de mare sau apa salmastră.

Indiferent de sursa de proveniență a apei, aceasta trebuie să îndeplinească condițiile din tabelul VI.6.3, conform SR EN 1008.

Condițiile impuse apei

Tabelul VI.6.3

Caracteristica	Condiție
Uleiuri și grăsimi	Nu mai mult de urme vizibile
Detergenți	Orice spumă trebuie să dispară în cca. 2 minute
Culoare	Galben sau mai pal
Substanțe în suspensie	Sediment de max. 4 ml.
Miros	Nici un miros, cu excepția mirosului permis pentru apa potabilă.
Acizi	pH ≥ 4
Substanțe humice	Culoare maro-gălbui sau mai deschisă după adăugare de NaOH ²⁺

Compoziția chimică a apei trebuie să se conformeze limitelor date în tabelul VI.6.4.

Condițiile de admisibilitate pentru caracteristicile chimice ale apei

Tabelul VI. 6.4

Substanța	Conținut maxim (mg/l)
Zaharuri	100
Fosfați exprimați ca P_2O_3	100
Nitrați exprimați ca NO_3^-	500
Plumb exprimat ca Pb^{2+}	100
Zinc exprimat ca Zn^{2+}	100

6.2. Constituenți secundari ai mixturilor asfaltice

6.2.1. Polimeri

În funcție de modul lor de utilizare, polimerii folosiți pentru îmbunătățirea caracteristicilor mixturilor asfaltice se împart în două categorii:

- polimeri care se încorporează direct în bitum, pentru prepararea bitumurilor modificate, conform cap. VII, pct. 3.4;
- polimeri care se introduc în mixtura asfaltică, respectiv direct în malaxor, peste agregatele naturale încălzite, înainte de adăugarea bitumului.

În funcție de structura lor chimică, polimerii pot fi:

- polimeri elastomeri, care măresc proprietățile de elasticitate ale bitumului. Caracteristica specifică a bitumurilor modificate cu acest tip de polimer este revenirea elastică;
- polimeri plastomeri, care conduc la durificarea liantului și la micșorarea proprietăților de elasticitate ale acestuia. Bitumurile modificate cu acest tip de polimer se caracterizează prin lipsa revenirii elastice.

Polimerii utilizați pentru modificarea bitumului, conform normativului indicativ AND 549, sunt de tipul elastomerilor termoplastici liniari, iar caracteristicile acestora sunt conform celor prevăzute în declarația de conformitate a calității, emisă de producători.

Exemple de polimeri elastomeri termoplastici liniari:

- copolimer stiren-butadien stiren (SBS);
- copolimer stiren-isopren-stiren (SIS);
- stiren-butadien (SB).

Polimerii folosiți în țara noastră până în prezent la execuția unor îmbrăcămînți bituminoase pe bază de bitum modificat sunt polimerii SBS și SIS, proveniți din import, precum și polimeri indigeni, pentru care s-au emis agremente tehnice și anume:

- polimer CAROM TL 30, de tip SBS;
- polimer CAPS, care este un sistem bicomponent, care conține un polimer termoplastic, un elastomer și un agent de reticulare al elastomerului. El se regăsește sub formă de granule bitumate, cu diametrul de cca. 3...4 mm, spre deosebire de ceilalți polimeri menționați, care sunt sub formă de granule nebitumate.

Se menționează că un alt tip de polimer experimentat este polimerul plastomer Vestoplast, dar rezultatele obținute au fost necorespunzătoare: apariția de fisuri premature, evolutive, după 1...2 ani de la execuția sectoarelor experimentale.

6.2.2. Aditivi

În funcție de domeniul de utilizare, aditivii pot fi:

- produse care se introduc în mixtura asfaltică, în scopul îmbunătățirii unor caracteristici fizico - mecanice ale acesteia;
- aditivi tensio-activi, care se încorporează în bitumul pur, pentru creșterea adezivității acestuia la agregatele naturale, conform cap. VII, pct. 3.3.3;

- aditivi folosiți pentru mărirea timpului de rupere a emulsiei bituminoase cationice destinată executării straturilor bituminoase foarte subțiri la rece.

6.2.2.1. Aditivi pentru îmbunătățirea performanțelor mixturii asfaltice

Un astfel de aditiv este Gilsonite, un produs natural care se extrage din bazinul minier din statul Utah, S.U.A, și care a fost agrementat de CESTRIN - AND.

Produsul este în stare solidă, de culoare neagră, cu următoarea granulozitate:

- rest pe ciurul de 3,15 mm max. 5,0%
- rest pe sita de 0,09 mm min. 80,0%.

Compoziția chimică (estimativă) a produsului, determinată pe trei fracțiuni, se caracterizează prin:

- asfaltene 71%;
- maltene 27%;
- saturate 2%.

Caracteristicile produsului sunt conform tabelului VI 6.5.

Caracteristicile produsului Gilsonite

Tabelul VI.6.5

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Penetrație la 25 °C, 1/10 mm	0
Punct de înmuiere, IB, °C	159...182
Punct de inflamabilitate, °C	min. 300
Conținut de cenușă, %	max. 0,9
Densitate la 15 °C, g/cm ³	1,04...1,06
Umiditate, %	max. 0,7

Condițiile de utilizare a produsului sunt stabilite prin Caietul de sarcini pentru realizarea mixturii asfaltice tip BA 16 - strat de uzură, îmbunătățită cu produsul GILSONITE, elaborat de AND în mai 1999. Acestea sunt:

- dozajul de GILSONITE 4,5 % din masa bitumului;
- modul de utilizare introducerea produsului direct în malaxor, peste agregatele naturale încălzite, înainte de adăugarea bitumului.

Principalele performanțe estimate a se obține sunt:

- creșterea adezivității bitumului față de agregatele naturale;
- îmbunătățirea caracteristicilor mixturii asfaltice;
- creșterea rezistenței la deformări permanente la temperaturi ridicate;
- scăderea tendinței de fisurare la temperaturi scăzute.

Comportarea în exploatare a sectoarelor de drum executate în mod experimental cu acest produs este în curs de verificare.

6.2.2.2. Aditivi tensioactivi pentru prepararea bitumului aditivat

Aditivii utilizați la prepararea bitumului aditivat sunt substanțe tensio-active de tipul amine și anume, poliamine, amido-amine sau alți compuși chimici care conferă bitumului o creștere a adezivității față de agregatele naturale. Caracteristicile acestora sunt conform celor prevăzute în norma de livrare și de certificatul de conformitate a calității. Produsele utilizate în acest scop trebuie să fie agrementate tehnic ca aditiv pentru bitum.

Condițiile de bază care trebuie să le îndeplinească aditivul pentru bitum sunt:

- stabilitatea termică la temperatura de 180 °C (determinată prin încercarea cu etuva tip TFOT pe bitum aditivat, comparativ cu bitumul neaditivat și pusă în evidență de pierderea de masă și de adezivitatea bitumului rezidual aditivat);

- adezivitatea de min. 80% a bitumului aditivat față de agregatul natural utilizat, în condițiile unui dozaj recomandabil de 1% aditiv;
- menținerea caracteristicilor de bază ale bitumului folosit la prepararea bitumului aditivat;
- amestecarea cu bitumul pur în condițiile realizării unui bitum omogen;
- stabilitatea la depozitarea bitumului aditivat de minimum 6 zile, la temperatura de depozitare de 120 °C, fără modificarea caracteristicilor acestuia prevăzute în tabelul VI. 4.6.

Aditivii tensio-activi agrementați tehnic și folosiți de regulă în tehnologiile rutiere pe bază de bitumuri aditate sunt:

- produsul ITERLENE IN 400/R;
- produsul ADIROL.

6.2.2.3. Aditivi de reglare a ruperii emulsiei lente

Aditivii pentru mărirea timpului de rupere a emulsiei bituminoase cationice lente față de agregatele naturale sunt produse tensio-actives care dispersează cu ușurință în apa de preumezire a amestecului de agregate naturale.

6.2.3. Fibre

Fibrele folosite ca adaosuri în mixtura asfaltică pot fi minerale, organice și sintetice.

Incorporarea lor în mixtura asfaltică, în procesul tehnologic de preparare al acesteia, are ca obiectiv principal armarea și rigidizarea stratului bituminos, în scopul creșterii rezistențelor mecanice ale acestuia la temperaturi ridicate în timpul verii, al sporirii rezistenței la fisurare și oboseală termică, la temperaturi scăzute în timpul iernii și pentru asigurarea siguranței circulației rutiere, prin sporirea semnificativă a rugozității suprafeței de rulare.

În general fibrele se caracterizează prin compoziția chimică și prin anumite proprietăți fizico - mecanice:

- alungirea la rupere;
- rezistența la tracțiune;
- tenacitatea;
- densitatea;
- umiditatea;
- rezistența la agenți chimici (acizi, baze).

Tipurile de fibre folosite în tehnologiile rutiere sunt:

- fibre naturale: celuloză, azbest;
- fibre prefabricate, care pot fi:
 - sintetice: poliester, polietilenă, polipropilenă, acrilice;
 - anorganice: de sticlă, din rocă;
 - de oțel.

Dintre aceste tipuri de fibre, cele mai utilizate în prezent sunt fibrele de celuloză și cele de sticlă, celelalte tipuri prezentând unele inconveniente, ca de exemplu:

- fibrele din azbest: nocivitate;
- fibrele din polietilenă și polipropilenă: rezistență scăzută la temperatura de preparare și punere în operă ale mixturii asfaltice
- fibrele de oțel: lipsa capacității de a fixa bitumul și dificultăți în ceea ce privește compactarea mixturii asfaltice și realizarea unei suprafețe de rulare corespunzătoare.

În tabelul VI.6.6 sunt prezentate caracteristicile esențiale ale tipurilor de fibre oferite de unele întreprinderi specializate din străinătate.

Caracteristicile principale ale tipurilor de fibre

Tabelul VI.6.6.

Caracteristica	Celuloză liberă	Celuloză presată	Celuloză împasliată	Azbest crizolit	Fibră de sticlă "lungă"	Fibră de rocă
Familie de fibre	Fibră organică fabricată din hârtie reciclată			Fibră minerală naturală		
Diametru, μ		20 la 40		0,1 la 1	7 la 15	3 la 5
Lungime, μ		500 la 1500		500 la 1000	10 la 25	200 la 800
Suprafața specifică teoretică, cm^2/g		1000 la 2000		75000	1000	6000
Densitatea substanței, g/cm^3	0,9	0,9	0,95	2,7	2,5	2,7
Volumul ocupat în amestur asfaltic de conținutul de fibre de 0,3% în greutate, %		0,8			0,3	
Efort de rupere, MPa		aprox. 100		500 la 1000	1000 la 1500	1500
Modul de elasticitate, GPa		aprox 2		20 la 50	50 la 80	70
Efectele apei		Umflare și descompunere în timp			Nici un efect	
Temperatura limită de rezistență la foc, $^{\circ}\text{C}$		Produse combustibile (hârtie), nu rezistă peste 180 $^{\circ}\text{C}$		Total incombustibili, rezistente până la cel puțin 500 $^{\circ}\text{C}$ și început de topire la 1200 $^{\circ}\text{C}$		
Biodegradabilitate		Da		Nu		
Forma fibrei		Panglici		Fibrele divizate	Fire	Fire încalcite
Efectele asupra sănătății		Neonocive		Azbest: nocivă Crizolit: nocivitate nu întru totul dovedită	Neonocive, conform directivelor 97/69/CE	
Material de bază		Fibre de celuloză provenite din hârtie reciclată		Rocă naturală	Sticlă	Lână minerală (bazalt)

Efectele fibrelor asupra bitumului din mixtura asfaltică pot fi fizice, chimice și mecanice, după cum se poate observa din tabelul VI. 6.7. Este de reținut faptul că fibrele minerale pe bază de sticlă sau rocă sunt complet neutre față de bitum, acesta păstrându-și caracteristicile inițiale. Spre deosebire de acestea, fibrele organice (celuloză) adsorb sau rețin anumite fracțiuni ușoare ale bitumului (rășini, maltene) și transformă parțial bitumul, care devine mai dur. .

Efectele fibrelor asupra bitumului

Tabelul VI. 6.7

Natura efectelor	Celuloză liberă	Celuloză presată	Celuloză bituminată	Fibră de sticlă	Fibră de rocă
Efect chimic	Nici unul		Solubilitatea fracțiunii bitum (20...33%)	Nici unul	
Efect chimic sau fizico-chimic	Adsorbția anumitor componente ale bitumului ↓ Durificarea bitumului ↓			Nici un efect între bitum și fibre	
	Creșterea punctului de înmuiere IB cu 3... 5 °C			Bitum nemodificat	
	Diminuarea penetrației bitumului, cu 10...20 1/10 mm			Bitum nemodificat	
Greutatea bitumului fixat de 100 g de fibre, g	13	12	3	2	9

Fibrele încorporate în mixtura asfaltică pot acționa în mod diferențiat:

- pe termen scurt, în timpul transportului și așternerii mixturii asfaltice, datorită capacității lor de a fixa bitumul, ceea ce permite creșterea conținutului de bitum, fără riscul de a se producere o scurgere a liantului de pe scheletul mineral;

- pe termen lung, în timpul exploatarei îmbrăcăminții bituminoase, prin creșterea performanțelor mecanice și a durabilității ale mixturii asfaltice.

Aceste efecte depind de tipul fibrelor și de caracteristicile lor, astfel încât să fie eficace pe termen scurt sau lung sau în ambele cazuri.

În consecință, se recomandă ca la stabilirea tipului de fibră este necesar a se avea în vedere avantajele și inconvenientele diferitelor tipuri de fibre, prezentate în tabelul VI.6.8.

Avantajele și dezavantajele utilizării fibrelor în mixturile asfaltice

Tabelul VI.6.8

Tipul fibrei	Avantaje	Dezavantaje
Azbest	• Capacitate mare de fixare a bitumului • Durabilitate • Posibilitate de ameliorare a rezistenței la formarea făgașelor	Pericol pentru sănătate
Celuloză	Capacitate mare de fixare a bitumului	• Sensibilitate la umezire • Lipsa efectului de ranforsare
Minerale (rocă)	Capacitate mare de fixare a bitumului	Efect foarte redus de ranforsare sau lipsa acestuia
Sticlă	Efect de ranforsare: ameliorarea rezistențelor mecanice ale mixturilor asfaltice	• Fragilitate • Capacitate mică de fixare a bitumului în absența unui tratament special al suprafeței fibrei

Se recomandă ca fibrele să fie folosite la prepararea la cald sau la rece a mixturilor asfaltice, dozajele uzuale fiind în limitele 0,3...0,5% din masa agregatelor naturale în cazul tehnologiilor la cald și de 0,1...0,3% în cazul tehnologiilor la rece.

Conform reglementărilor tehnice în vigoare în țara noastră, fibrele folosite în diverse tehnologii trebuie să fie agrementate tehnic. Până în prezent au fost agrementate tehnic:

- fibre de celuloză, denumite fibre stabilizatoare VIATOP, care au fost utilizate la executarea de îmbrăcămînți asfaltice cu fibre, pe unele drumuri reabilite;
- fibre minerale (de sticlă), denumite PRIMA, utilizate cu caracter experimental.

Fibrele stabilizatoare VIATOP se prezintă sub formă de granule cilindrice de culoare cenușie și sunt constituite din fibre celulozice tip ARBOCEL ZZ 8-1, înglobate în bitum. Există două variante de fibre stabilizatoare VIATOP:

- VIATOP 66, constituită din 66% fibră activă și 34% bitum;
- VIATOP 80 plus, compusă din 80% fibră activă și 20% bitum.

Conform agrementului tehnic elaborat de INCERTRANS S.A., aceste fibre trebuie să îndeplinească condițiile din tabelul VI.6.9.

Caracteristicile fibrelor stabilizatoare VIATOP

Tabelul VI.6.9

Denumire	VIATOP 66	VIATOP 80 plus
Caracteristica	Condiții de admisibilitate	
Aspect	Granule cilindrice de culoare cenușie	
Conținut de ARBOCEL ZZ 8/1, %	63...67	79...84
Lungime medie a granulelor, mm	2...8	2...8
Diametru mediu al granulelor, mm	4 ± 1	5 ± 1
Densitate, g/l	520 ± 50	450 ± 50

Bitumul utilizat pentru impregnarea fibrelor are următoarele caracteristici:

- penetrație la 25 °C: 35...50 1/10 mm
- punct de înmuiere IB: 54...59 °C.

Dozajul de fibre stabilizatoare VIATOP este de 0,3...0,5% fibră activă din masa mixturii asfaltice.

Produsele nu sunt toxice și nu ridică probleme din punctul de vedere al protecției muncii.

Fibrele minerale tip PRIMA sunt fibre de sticlă de tip lână, care se prezintă sub formă de noduli din fibră de sticlă, tratați cu o rășină sintetică termo-rezistentă.

Conform agrementului tehnic elaborat de INCERTRANS S.A., fibrele tip PRIMA trebuie să prezinte caracteristicile din tabelul VI.6.10.

Caracteristicile fibrelor minerale PRIMA

Tabelul VI.6.10

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Diametru mediu, μ	5...6
Lungime medie, μ	300...500
Suprafața specifică, cm ² /g	min. 2000
Densitate relativă, g/cm ³	2,5...2,7
Umiditate, %	max. 1
Stabilitate termică, °C	min. 500

Produsul nu este inflamabil, nu are miros specific și nu este solubil în apă.

Dozajul de fibre PRIMA este de 0,3...0,4 în greutate față de agregatele naturale uscate.

Față de fibrele de celuloză, fibrele minerale tip PRIMA au următoarele avantaje:

- dimensiuni mai reduse ale fibrelor;
- suprafață specifică mai mare;
- rezistențe mecanice sporite;
- stabilitate termică ridicată;
- inerție chimică și implicit, durabilitate sporită.

Cu caracter informativ, se menționează că au mai fost folosite cu caracter experimental fibre de celuloză nebitumate (TEHNOCEL și TOPCEL), dar încorporarea fibrelor în masa mixturii asfaltice a fost neomogenă.

Alegerea tipului de fibre, stabilirea dozajului optim de fibre și a caracteristicilor mixturilor asfaltice stabilizate cu fibre trebuie să se facă pe bază de studii preliminare efectuate de un laborator de specialitate autorizat.

Capitolul VII

STRATURILE RUTIERE

1. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale
2. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici și puzzolanici
3. Straturi rutiere bituminoase

1. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale

Straturile de fundație și de bază din agregate naturale prezintă o pondere deosebită în alcătuirea structurilor rutiere suple și mai redusă în cea a structurilor rutiere semirigide.

Rolurile straturilor de fundație și de bază și modul lor de alcătuire sunt prezentate în capitolul IV.

În acest capitol, ele sunt grupate în funcție de performanțele mecanice pentru dimensionare:

- substraturi de fundație;
- strat de fundație din pământ stabilizat mecanic;
- strat de fundație din balast sau din balast amestec optimal;
- strat de fundație din blocaj din piatră brută, din piatră spartă mare, sort 63-80 sau din piatră spartă amestec optimal;
- macadam.

1.1. Substraturi de fundație

În funcție de rolul lor, substraturile de fundație pot fi clasificate în:

- strat drenant;
- strat anticapilar;
- strat izolant;
- strat termoizolant.

Stratul drenant are rolul de a colecta și a elimina apele provenite din precipitații și care pătrund în straturile de fundație în timpul execuției și ulterior, în perioada de exploatare a drumului, prin acostamente sau prin fisurile existente în straturile impermeabile ale structurii rutiere. Îndeplinirea acestui rol impune adoptarea măsurilor corespunzătoare evacuării apelor din acest strat în afara corpului drumului. Această funcție poate fi preluată de stratul inferior de fundație din balast.

Stratul anticapilar are rolul de a împiedeca ascensiunea prin capilaritate a apei din pământul de fundare în fundația drumului. În cazurile în care acest strat îndeplinește condițiile pentru nisip pentru strat izolant și anume, respectarea condiției de filtru invers și valorii minime a coeficientului de permeabilitate, stratul anticapilar poate avea și rol de strat izolant.

Stratul izolant are rolul de a împiedeca contaminarea stratului de fundație cu pământ din patul drumului. Acest strat nu se prevede în cazurile în care se execută un strat de formă, conform STAS 12253. Stratul izolant se execută din nisip sau din geotextile.

Stratul izolant alcătuit din geotextile poate îndeplini și rolul de strat drenant, cu condiția de a fi executat pe toată lățimea terasamentelor și de a fi amplasat la cel puțin 15 cm deasupra fundului șanțurilor.

Stratul termoizolant se execută din zgură expandată, sort 0-8 sau din zgură granulată, sort 0-8. El poate îndeplini și rolul de strat drenant, dacă este executat din zgură expandată, pe toată lățimea terasamentelor și asigură evacuarea apelor care se infiltrează la nivelul patului drumului.

În funcție de tipul substratului de fundație, acesta poate fi sau nu poate fi luat în considerare în dimensionarea structurii rutiere la solicitările traficului sau la acțiunea fenomenului de îngheț-dezghet, conform tabelului VII.1.1.

Modul de implicare în dimensionare a substraturilor de fundație

Tabelul VII.1.1

Tipul substratului	Grosimea stratului, cm	Stratul se ia în considerare în dimensionare la acțiunea:	
		solicitărilor traficului	fenomenului de îngheț - dezgheț
Drenant	min.10	da	da
Anticapilar	min. 15; > H*	da	da
Izolant (din nisip)	7	nu	nu
Termoizolant	min.12	nu	da

* H - înălțime capilară maximă

1.1.1. Elemente geometrice

Grosimile minime constructive ale substraturilor de fundație sunt prezentate în tabelul VII.1.1.

Lățimea lor se stabilește pe considerentul de a se realiza condițiile necesare evacuării apelor provenite prin infiltrație din acest strat sau din stratul inferior de fundație și anume:

- în cazul în care există posibilitatea evacuării apelor din șanțuri sau pe taluzurile rambleurilor, stratul drenant se prevede pe toată lățimea terasamentelor. Suprafața stratului suport al acestuia va avea o panta transversală de 10...12% pe ultimii 80 cm, până la taluzuri;

- în cazul lărgirii unui drum existent se pot prevedea drenuri transversale de acostament cu lățimea de 30...50 cm, situate la distanțe de 10...20 m, în funcție de panta longitudinală a drumului. Drenurile vor avea panta de 4...5% și se vor executa normal pe axa drumului, în cazul în care declivitate în profil longitudinal este mai mică de 2% sau cu înclinare de circa 60° în direcția pantei, în cazul în care declivitatea este mai mare de 2%;

- în cazul în care drumul este situat în debleu sau la nivelul terenului și nu există posibilitatea evacuării apelor prin șanțuri, se prevăd drenuri longitudinale sub acostamente sau sub rigole, cu pantă minimă de 0,3%;

- evacuarea prin taluzurile drumului a apei din stratul drenant sau din drenurile transversale de acostament se face la cel puțin 15 cm deasupra fundului șanțurilor sau în cazul rambleurilor, deasupra terenului sau a nivelului maxim al apelor stagnante în zonă.

Măsurile de evacuare a apei din fundația drumului se adoptă numai în cazul terasamentelor executate din pământuri coezive. Ele nu sunt limitative, prin proiectele de execuție putând fi stabilite și alte măsuri.

1.1.2. Materiale

Materialele din alcătuirea substraturilor de fundație trebuie să îndeplinească condițiile de calitate conform capitolului VI, subcapitolul 2.

1.1.3. Caracteristicile stratului

Materialele din substraturile de fundație trebuie compactate până la realizarea următoarelor grade de compactare, în funcție de clasa tehnică a drumului:

- pentru drumurile din clasele tehnice IV și V, minimum 98% din densitatea în stare uscată maximă, în cel puțin 93% din punctele de măsurare și de minimum 93% în toate punctele de măsurare;

- pentru drumurile din clasele tehnice I,II și III, minimum 100% din densitatea în stare uscată maximă, în cel puțin 95% din punctele de măsurare și de minimum 98% în toate punctele de măsurare.

Densitatea în stare uscată maximă se determină prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13 și este corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

În cazul substraturilor de fundație alcătuite din materiale pentru care nu poate fi efectuată încercarea Proctor, verificarea gradului de compactare se efectuează în conformitate cu

prevederile instrucțiunilor indicativ AND 530, prin măsurări efectuate cu placa VSS, cu două cicluri de încărcare. Se consideră că s-a realizat gradul de compactare necesar, dacă raportul dintre modulul de compresibilitate calculat pe baza rezultatelor celui de al doilea ciclu de încărcare (M_{E2}) și cel calculat pe baza rezultatelor primului ciclu de încărcare (M_{E1}) prezintă valori mai mici de 2.

Uniformitatea calității substraturilor de fundație se stabilește prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie, în conformitate cu prevederile normativului indicativ CD 31. Astfel, se consideră că uniformitatea execuției este corespunzătoare, dacă coeficientul de variație (C_v) determinat prin prelucrarea statistică a minimum 10 valori măsurate, nu depășește 50%.

1.1.4. Parametri de calcul

Substraturile de fundație care se iau în considerare în dimensionarea structurii rutiere sunt caracterizate prin următorii parametri de calcul:

- Modulul de elasticitate dinamic se stabilește în funcție de modulul de elasticitate dinamic al materialelor din stratul suport, cu relația:

$$E = 0,20 \times h^{0,45} \times E_{s,s} \quad (\text{MPa}) \quad (\text{VII.1.1})$$

în care:

h este grosimea substratului de fundație, în mm;

$E_{s,s}$ - modulul de elasticitate al stratului suport, respectiv al stratului de formă sau al pământului din terasamente, în MPa.

- Coeficientul lui Poisson are valoarea 0,27.

1.2. Strat de fundație din pământ stabilizat mecanic

Stabilizarea mecanică reprezintă complexul de operațiuni care are drept scop îmbunătățirea capacității portante a pământurilor necoezive sau a materialelor rezultate din pietruiri, astfel încât stratul realizat să poată prelua rolul unui strat de fundație.

Operațiunea principală în realizarea acestui strat este îmbunătățirea granulozității materialelor existente, în sensul obținerii unui amestec optimal.

Condițiile tehnice generale de calitate ale straturilor de fundație din pământuri stabilizate mecanic sunt prevăzute în STAS 8840.

1.2.1. Elemente geometrice

Grosimea minimă este de 10 cm, iar cea maximă nu va depăși 30 cm.

Stratul de fundație se prevede pe toată lățimea părții carosabile, plus lățimile benzilor de încadrare, la care se adaugă de două ori, grosimea straturilor de deasupra.

Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței stratului sunt aceleași cu cele ale îmbrăcămînții rutiere.

1.2.2. Materiale

Materialele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- indicele de plasticitate , I_p , 6... 8%;
- echivalentul de nisip, EN , ≥ 30
- granulozitatea cuprinsă în limitele prevăzute în figura VII.1;
- conținutul de elemente moi și gelive, max.5%.
- lipsa bulgarilor de argilă, resturilor organice sau a altor impurități.

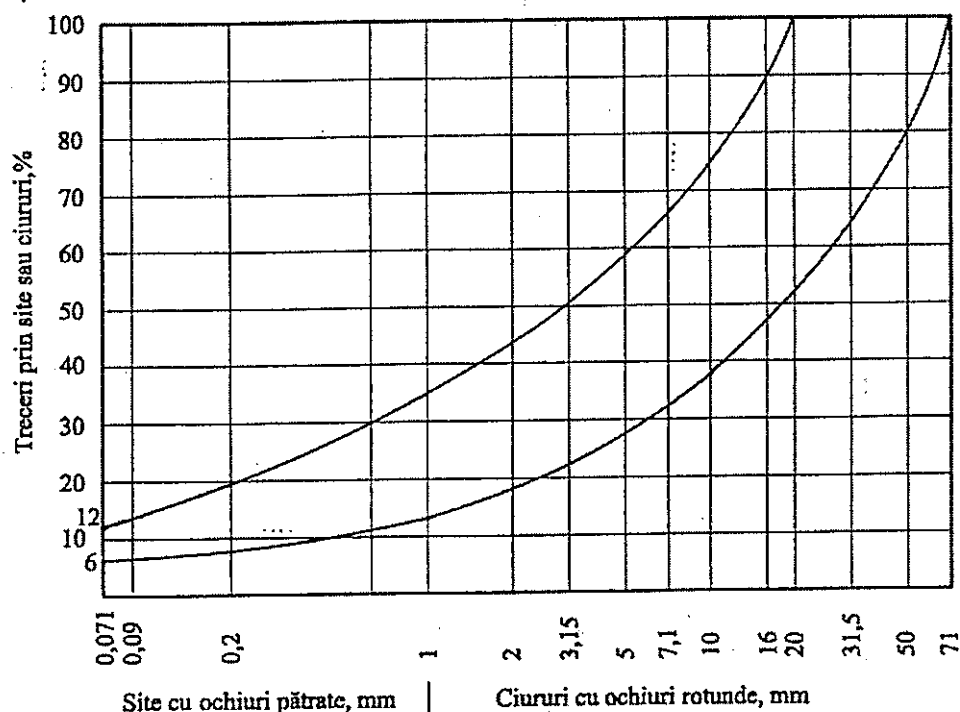


Figura VII.1 Zona de granulozitate a materialelor în vederea stabilizării mecanice

Îmbunătățirea granulozității materialului se face cu balast, cu pietriș sau cu deșeuri de carieră.

1.2.3. Caracteristicile stratului

Gradul de compactare trebuie să fie de 98...100% din densitatea în stare uscată, maximă, determinată prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13 și este corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

Gradul de compactare și uniformitatea execuției se pot determina conform pct. 1.1.3.

1.2.4. Parametri de calcul

Parametrii de calcul, utilizați în dimensionarea structurii rutiere, sunt aceiași ca cei pentru substraturile de fundație, conform pct. 1.1.4.

Deși prevederile STAS 8840 nu indică domeniul de utilizare al acestui strat de fundație, nu se recomandă prevederea acestuia în structurile rutiere moderne, pentru drumuri cu clasele tehnice I și II. Pentru drumurile cu clasă tehnică III, utilizarea acestui strat va fi justificată pe considerente economice.

1.3. Strat de fundație din balast sau din balast amestec optimal

Balastul constituie materialul cel mai mult utilizat pentru execuția straturilor de fundație, datorită costului relativ redus și a capacității stratului de a repartiza solicitările traficului la nivelul patului drumului.

Stratul de fundație din balast poate îndeplini și rolul de strat anticăpilar sau drenant.

Balastul amestec optimal se utilizează la execuția straturilor superioare de fundație sau, pentru drumuri din clasa tehnică V, el poate juca rolul unui strat de bază.

1.3.1. Elemente geometrice

Grosimea minimă constructivă a stratului de fundație din balast sau din balast amestec optimal este de 10 cm, conform STAS 6400. Grosimea maximă, stabilită pe considerentul că depășirea acesteia nu aduce o contribuție esențială asupra stării de solicitare a structurii rutiere este de 30 cm. Asigurarea unei bune comportări a structurii rutiere la acțiunea îngheț - dezghețului impune în multe cazuri creșterea grosimii stratului de fundație din balast, care intervine cu o pondere mare în calculul grosimii echivalente a structurii rutiere, conform STAS 1709/1. Pe acest considerent, grosimea acestui strat variază în limite deosebit de mari. Astfel, dacă în Australia, Belgia sau Ungaria, structurile rutiere suple dimensionate pentru un trafic de 1 milion osii standard de 80 kN au o grosime a stratului de fundație din balast de 20 cm ...25 cm, în Danemarca și Norvegia, grosimea acestuia ajunge la 55 cm, respectiv 60 cm.

Lățimea stratului de fundație din balast este în conformitate cu prevederile STAS 2900, STAS 1598/1 și STAS 1598/2, în general până la taluzurile drumului, astfel ca acest strat să îndeplinească și rolul de strat drenant.

Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței stratului de fundație din balast sunt aceleași ca și ale îmbrăcăminților sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu $\pm 0,5$ cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

1.3.2. Materiale

Balastul sau balastul amestec optimal trebuie să îndeplinească condițiile de calitate prezentate în capitolul VI, pct.2.2. Granulozitatea amestecului optimal trebuie să se încadreze în următoarea zonă de granulozitate:

Zona de granulozitate a balastului amestec optimal

Tabelul VII.1.2.

Sort	Frațiuni sub 0,02 mm	Treceri prin site cu ochiuri pătrate de....mm, %						
		0,2	1	4	8	16	25	50
0-63	max. 3	4...10	12...22	26...38	35...50	48...65	60...75	85...92

1.3.3. Caracteristicile stratului

Balastul trebuie compactat până la realizarea următoarelor grade de compactare, în funcție de clasa tehnică a drumului:

- pentru drumurile cu clasele tehnice IV și V, minimum 98% din densitatea în stare uscată maximă, în cel puțin 93% din punctele de măsurare și de minimum 93% în toate punctele de măsurare;

- pentru drumurile cu clasele tehnice I,II și III, minimum 100% din densitatea în stare uscată maximă, în cel puțin 95% din punctele de măsurare și de minimum 98% în toate punctele de măsurare.

Densitatea în stare uscată maximă se determină prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13 și este corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

În cazul în care granulozitatea balastului nu permite efectuarea încercării Proctor, verificarea gradului de compactare se efectuează conform pct.1.2.3.

Calitatea execuției stratului de fundație din balast se stabilește și prin măsurări de deformabilitate cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, în conformitate cu prevederilor normativului indicativ CD 31. Valorile deflexiunii admisibile sunt în funcție de grosimea stratului de fundație, conform tabelului VII.1.3. Se consideră realizată capacitatea portantă necesară, dacă

deflexiunea are valori mai mari decât cea admisibilă în cel mult 10% din numărul punctelor de măsurare.

Valorile deflexiunii admisibile la nivelul superior al stratului de fundație din balast

Tabelul VII.1.3

Grosimea stratului de fundație din balast, cm	Stratul superior al terasamentelor este alcătuit din:			
	Strat de formă, conform STAS 12253	Pământuri de tipul:		
		nisip prăfos, nisip argilos	praf nisipos, praf argilos, praf	argilă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă
Deflexiune, în sutimi de mm				
10	185	323	371	411
15	163	284	327	366
20	144	252	290	325
25	129	226	261	292
30	118	206	238	266
35	109	190	219	245
40	101	176	204	227
45	95	165	190	213
50	89	156	179	201

Uniformitatea calității stratului de fundație se stabilește prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie, în conformitate cu prevederile normativului indicativ CD 31. Astfel, se consideră că uniformitatea execuției este corespunzătoare, dacă coeficientul de variație (Cv) determinat prin prelucrarea statistică a minimum 10 valori măsurate, nu depășește 35%.

1.3.4. Parametri de calcul

Pentru dimensionarea structurii rutiere, se adoptă următoarele valori ale parametrilor de calcul:

- Modulul de elasticitate dinamic al balastului se stabilește în funcție de modulul de elasticitate dinamic al materialelor din stratul suport, cu relația:

$$E = 0,20 \times h^{0,45} \times E_{s,s} \quad (\text{MPa}) \quad (\text{VII.1.2})$$

în care:

h este grosimea stratului de fundație, în mm;

$E_{s,s}$ - modulul de elasticitate al stratului suport, respectiv modulul de elasticitate dinamic echivalent la nivelul stratului de formă sau al pământului de fundare, în MPa.

- Modulul de elasticitate dinamic al balastului amestec optimal este 300 MPa. În cazul în care balastul amestec optimal este în alcătuirea unui strat inferior de fundație, valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic se calculează cu relația VII.1.2.
- Coeficientul lui Poisson are valoarea 0,27.

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr.3.2.4 pentru stratul de fundație din balast și în fișa tehnică nr. 3.2.3 pentru stratul de fundație din balast amestec optimal.

1.4. Strat de fundație din blocaj de piatră brută, din piatră spartă mare, sort 63-80 sau din piatră spartă amestec optimal

Blocajul din piatră brută se utilizează în alcătuirea stratului de fundație pentru drumurile din clasele tehnice III ... V sau pentru străzi din categoriile II ... IV. Capacitatea redusă a acestui

strat de a repartiza solicitările la pământul de fundare, ca și tehnologia de execuție manuală fac ca acest strat să nu fie recomandat în alcătuirea structurilor rutiere moderne.

Piatra spartă mare, sort 63-80, se utilizează de asemenea în alcătuirea straturilor de fundație, în structurile rutiere suple. Acest strat poate constitui un strat de fundație pentru drumurile din clasele de trafic foarte ușor la mediu, la care stratul de bază este din mixturi bituminoase. Tehnologia greoaie de execuție face ca acest strat să nu fie recomandat în alcătuirea structurilor rutiere pentru drumuri moderne.

Piatra spartă amestec optimal se utilizează în alcătuirea straturilor de fundație pentru drumuri din clasele de trafic greu și foarte greu. Modul de alcătuire, pe baza criteriului volumului minim de goluri, asigură o capacitate ridicată de preluare și de repartizare stratului suport a solicitărilor din trafic. Tehnologia mecanizată de execuție constituie un alt argument pentru utilizarea acestui strat în alcătuirea drumurilor moderne.

1.4.1. Elemente geometrice

Grosimea stratului de fundație din blocaj din piatră brută este determinată de înălțimea pietrei brute, care este de 140 ... 180 mm și a stratului de nisip (minimum 5 cm) pe care se așează aceasta. Prevederile STAS 6400 indică o grosime minimă a acestui strat de 21 cm.

Grosimea minimă a stratului de fundație din piatră spartă mare, sort 63-80 este 12 cm, în conformitate cu prevederile STAS 6400. Grosimea maximă a acestui strat se stabilește prin dimensionare. Se recomandă ca ea să nu depășească 25 cm.

Grosimea minimă a stratului de fundație din piatră spartă amestec optimal este de 1,5 ori dimensiunea maximă a granulei de piatră spartă. Grosimea acestui strat se stabilește prin calcule de dimensionare. Se recomandă ca grosimea maximă a acestui strat să nu depășească 25 cm.

Lățimea straturilor de fundație este în conformitate cu prevederile STAS 2900, STAS 1598/1 și STAS 1598/2.

Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței straturilor de fundație sunt aceleași ca ale îmbrăcăminților sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu $\pm 0,5$ cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

1.4.2. Materiale

Piatra brută și piatra spartă mare trebuie să îndeplinească condițiile tehnice de calitate conform capitolului VI, subcapitol 2.

Compoziția granulometrică a pietrei sparte amestec optimal trebuie să se încadreze în zona de granulozitate prevăzută în figura VII.2 pentru amestecul optimal 0 .. 40 mm și în figura VII.3 pentru amestecul optimal 0 .. 63 mm.

1.4.3. Caracteristicile stratului

Se propune ca verificarea gradului de compactare să se efectueze în conformitate cu prevederile instrucțiunilor indicativ AND 530, prin măsurări efectuate cu placa VSS, cu două cicluri de încărcare. Se consideră că s-a realizat gradul de compactare necesar, dacă raportul dintre modulul de compresibilitate calculat pe baza rezultatelor celui de al doilea ciclu de încărcare (M_{E2}) și cel calculat pe baza rezultatelor primului ciclu de încărcare (M_{E1}) prezintă valori mai mici de 2.

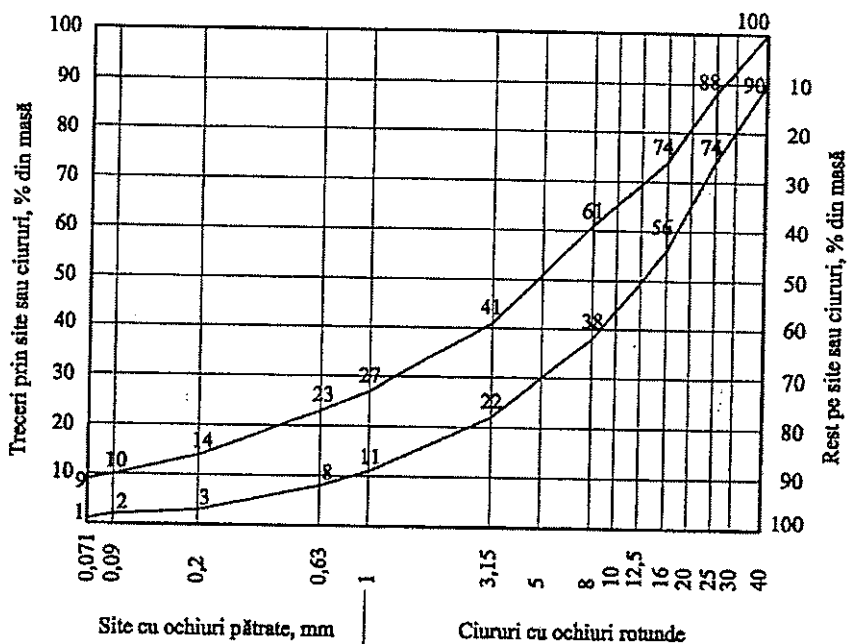


Figura VII.2 Zona de granulozitate a pietrei sparte amestec optimal 0 - 40

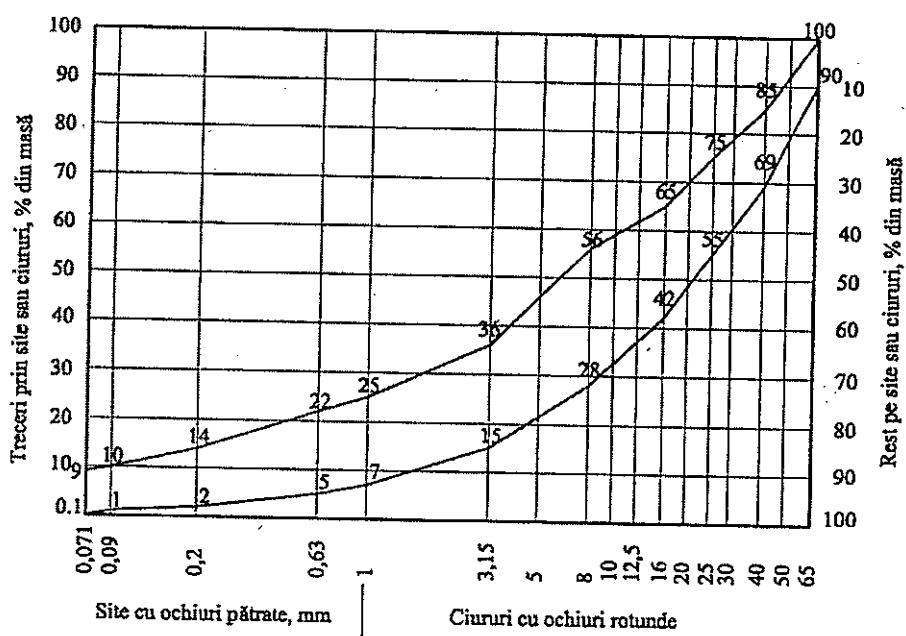


Figura VII.3 Zona de granulozitate a pietrei sparte amestec optimal 0 - 63

1.4.4. Parametri de calcul

Valorile parametrilor de calcul (modulul de elasticitate dinamic, E , și coeficientul lui Poisson, μ) recomandați sunt date în tabelul VII.1.4.

**Parametrii de calcul implicați în dimensionarea straturilor de fundație
din blocaj de piatră brută, piatră spartă mare și piatră spartă amestec optimal**

Tabelul VII. 1.4

Materialul din stratul de fundație	E, MPa	μ
Blocaj din piatră brută	300	0,27
Piatră spartă mare sort 63-80	400	0,27
Piatră spartă amestec optimal	500	0,27
Piatră spartă cilindrată din drumurile existente	400	0,27

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr.3.2.1 pentru stratul de fundație din piatră spartă mare sort 63-80 și în fișa tehnică nr. 3.2.2 pentru stratul de fundație din piatră spartă amestec optimal.

1.5. Macadam

Macadamul este un strat de bază a cărei alcătuire se bazează pe principiul realizării unui volum minim de goluri, prin umplerea celor existente cu sorturi de agregate naturale de carieră cu dimensiuni din ce în ce mai reduse (utilizarea unui sort monogranular de pitară spartă, și anume 40-63, cilindrat până la fixare, apoi împănăt cu split sort 8-16 sau 16-25 până la încheștare, după care urmează umplerea golurilor rămase cu savură).

Tehnologia de execuție este în conformitate cu prevederile SR 179. Tehnologia greoaie și faptul că grosimea acestui strat este redusă, fiind de 8 cm, fac ca acest strat să nu fie recomandat la execuția structurilor rutiere pentru drumuri noi. Fac excepție cazurile în care macadamul se prevede într-o primă etapă ca îmbrăcăminte rutieră (pentru drumuri cu clasa de trafic foarte ușor). În aceste cazuri, grosimea macadamului este 10 cm, după compactare.

1.5.1. Elemente geometrice

Grosimea macadamului este de minimum 8 cm după cilindrare.

Lățimea macadamului este conform prevederilor STAS 1598/1 sau STAS 1598/2, egală cu cea a părții carosabile plus lățimea celor două benzi de încadrare, cu pante ale marginilor de 1:1.

Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței macadamului sunt aceleași ca ale îmbrăcăminților sub care se execută.

1.5.2. Materiale

Sorturile de agregate naturale, cantitățile acestora, în stare uscată și cantitatea de apă sunt date în tabelul VII.1.5.

Sorturile de materiale și cantitățile folosite la execuția macadamului

Tabelul VII.1.5

Denumirea materialului		Cantități
Piatră spartă mare, sort 40-63	SR 667	140 ... 145 kg/m ²
Split, sort 8-16 sau 16-25	SR 667	16 ... 20 kg/m ²
Savură, sort 0-8 sau nisip, sort 0-4 și nisip mărgăritar, sort 4-8	SR 667 sau SR 662	30 ... 35 kg/m ²
Nisip, sort 0-4	SR 662	15 ... 18 kg/m ²
Apă	SR EN 1008	25 ... 30 l/m ²

Se menționează că aceste cantități sunt date în mod orientativ, consumul real urmând să fie stabilit prin încercări pe șantier.

1.5.3. Parametri de calcul

În calculul de dimensionare se adoptă următoarele valori ale parametrilor de calcul:

- modulul de elasticitate dinamic, E 600 MPa;
- coeficientul lui Poisson, μ 0,27

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr.2.3.1.

2. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau lianți puzzolanici

2.1. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici

Stabilizarea cu ciment reprezintă îmbunătățirea adusă proprietăților fizico-chimice și mecanice ale agregatelor naturale, prin amestecarea lor cu ciment și apă și prin compactare. Cimentul, ca urmare a procesului de priză și de întărire în prezența apei, conferă amestecului în a cărui compoziție este, o rigiditate mai mare decât cea a agregatelor naturale netratate, determinând caracterul așa zis **semirigid** al structurilor rutiere care au în alcătuire un strat alcătuit din agregate naturale stabilizate cu ciment.

Condițiile tehnice de calitate ale straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment sunt date în STAS 10473/1.

2.1.1. Elemente geometrice

Grosimea minimă constructivă, după compactare, a unui strat din agregate naturale stabilizate cu ciment este conform STAS 10473/1 de 15 cm, cu abateri de -1 cm și +2 cm. În cazul în care atât stratul de fundație, cât și cel de bază, sunt alcătuite din agregate naturale stabilizate cu ciment, grosimea fiecărui strat este de 12 cm. Se menționează că grosimea minimă a stratului din agregate naturale stabilizate cu ciment este 12 cm în Germania, 15 cm în Franța și 20 cm în alte țări, ca Belgia, Spania. Grosimea acestui strat are o deosebită importanță asupra stării de solicitare a structurii rutiere, așa cum va reieși din exemplele din anexa 3.

Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței straturilor de fundație și de bază sunt aceleași ca ale îmbrăcăminților sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu $\pm 0,5$ cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil longitudinal ale suprafeței straturilor de fundație sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 1,5 cm.

Denivelările admisibile în profil longitudinal ale suprafeței straturilor de bază sunt cu 0,5 cm mai mari decât cele admise pentru îmbrăcămințile sub care se execută.

2.1.2. Materiale

Agregatele naturale, cimentul și apa trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din capitolul VI.

Agregatele naturale pot fi de balastieră (balast, nisip, pietriș) sau de carieră (savură, split). Ele trebuie să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelul VI.2.17. Pentru straturi de bază pentru clasele de trafic mediu la foarte greu, granulozitatea agregatelor naturale trebuie să se înscrie în zona din figura VII.4.

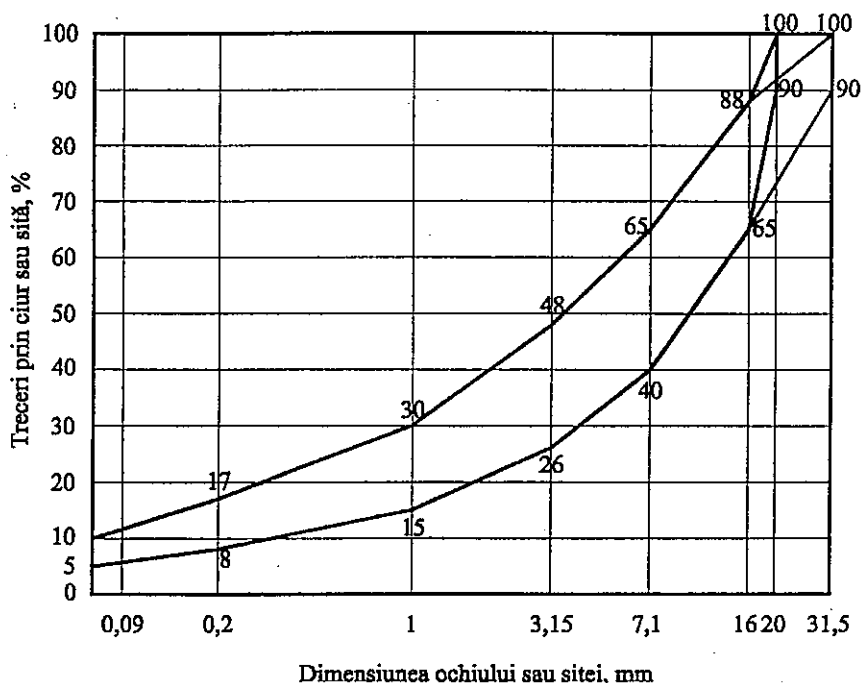


Figura VII.4 Zona de granulozitate a amestecului pentru straturi de bază din agregate naturale stabilizate cu ciment

Dozajul de ciment variază între limitele prevăzute în tabelul VII.2.1, în funcție de tipul stratului rutier și de dimensiunea agregatelor naturale. Se precizează că aceste dozaje sunt informative, fiind date numai în scopul stabilirii compoziției optime a amestecului.

Dozajele de ciment pentru realizarea straturilor stabilizate cu ciment

Tabelul VII. 2.1

Denumirea stratului	Agregate naturale		Dozaj, în %, din cantitatea de agregate naturale uscate
	Sort	Dimensiunea granulelor, mm	
Strat de bază	• agregate de balastieră: 0-4; 4-8; 8-16; 0-20	0...20	5...7
	• agregate de carieră: 0-8; 0-16; 16-20	0...20	5...7
Strat de fundație	• nisip: 0-4	0...4	6...10
	• agregate de balastieră: 0-4; 4-8; 8-16; 16-25; 0-25	0...25	4...6
	• agregate de carieră: 0-8; 8-16; 16-25	0...25	4...6

Dozajul de apă în amestec se stabilește astfel, încât acesta să reprezinte umiditatea optimă de compactare, determinată prin încercarea Proctor modificată, în conformitate cu prevederile STAS 1913/13, corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

2.1.3. Caracteristicile straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment

Caracteristicile fizico-mecanice ale amestecului de agregate naturale, ciment și apă trebuie să îndeplinească condițiile precizate în tabelul VII.2.2

Compoziția optimă a amestecului se stabilește prin încercări preliminare, conform STAS 10473/2, astfel încât caracteristicile amestecului de agregate naturale, ciment și apă să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelul VII. 2.2.

Caracteristicile agregatelor naturale stabilizate cu ciment

Tabelul VII.2.2

Denumirea stratului	Rezistența la compresiune la vârsta de 7 zile și 28 zile, MPa		Stabilitatea la apă, %			Pierdere de masă, %	
	R _{c7}	R _{c28}	Scăderea rezistenței la compresiune ΔR _{ci}	Umflare volumică U _i	Absorbție de apă A _i	Saturare P _{su}	Ingheț-dezgheț P _{id}
Strat de bază	1,5...2,2	2,2...5,0	max. 20	max. 2	max. 5	max. 7	max. 7
Strat de fundație	1,2...1,8	1,8...3,0	max. 25	max. 5	max. 10	max. 10	max. 10

Se menționează că straturile din agregate naturale stabilizate cu ciment prevăzute în alte lucrări decât structurile rutiere ale drumurilor sau ale străzilor trebuie să îndeplinească următoarele condiții de admisibilitate:

- pentru platforme și locuri de parcare, cele corespunzătoare stratului de bază;
- pentru consolidarea benzilor de staționare, a benzilor de încadrare și a acostamentelor, cele corespunzătoare stratului de fundație.

Gradul de compactare al straturilor de bază și de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment, în funcție de clasa tehnică a drumului, trebuie să fie de:

- min. 100% în cel puțin 95% din numărul punctelor de măsurare și min. 98% în toate punctele de măsurare pentru drumurile de clasă tehnică I, II și III;
- min. 98% în cel puțin 95% din numărul punctelor de măsurare și de min. 95% în toate punctele de măsurare pentru drumurile de clasă tehnică IV și V.

Densitatea în stare uscată maximă se stabilește prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13 și este corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

2.1.4. Performanțe mecanice pentru dimensionare

Parametrii de calcul necesari dimensionării structurilor rutiere semirigide cu ajutorul metodei analitice sunt următorii:

- rezistența la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu ciment;
- modulul de elasticitate dinamic;
- coeficientul lui Poisson.

În România nu există rezultatele unor studii referitoare la caracteristicile menționate mai sus și care ar putea fi utilizate pentru stabilirea parametrilor de calcul. Din acest considerent, aplicarea metodei analitice de dimensionare impune în această etapă, stabilirea acestor parametri pe baza datelor existente în literatura tehnică de specialitate.

2.1.4.1 Rezistența la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu ciment depinde de conținutul de ciment și apă și variază în timp.

Legea de variație în timp a rezistențelor mecanice (rezistența la compresiune, rezistența la întindere) ale agregatelor naturale stabilizate cu ciment este de forma:

$$R_z / R_7 = 2,92 - 1,77 / \sqrt{\log(z)} \quad (\text{VII.2.1})$$

în care:

- R_z este rezistența mecanică la vârsta de z zile, în MPa;
- R₇ - rezistența mecanică la vârsta de 7 zile, în MPa;
- z - vârsta în zile a materialului stabilizat cu ciment.

Pentru vârsta de 360 zile, care se ia în mod obișnuit în considerare în vederea stabilirii parametrilor de calcul, relația de mai sus conduce la o creștere a rezistențelor mecanice de 1,81 ori față de cele de la vârsta de 7 zile.

Condițiile de calitate ale agregatelor naturale stabilizate cu ciment referindu-se la rezistențele la compresiune ale acestora, este necesar ca această caracteristică mecanică să fie transformată în rezistența la întindere. În acest scop, literatura de specialitate propune relația următoare:

$$R_c / R_t = 9 + 13 R_c / 100 \quad (\text{VII.2.2})$$

în care atât rezistența la compresiune, R_c , cât și rezistența la întindere, R_t , sunt în MPa.

Față de intervalele admisibile ale rezistenței la compresiune la vârsta de 7 zile din tabelul VII.2.2, rezistența la compresiune la vârsta de 360 zile și rezistența la întindere la vârsta de 360 zile se încadrează în limitele din tabelul VII. 2.3.

Limitele de variație a rezistenței la compresiune la vârsta de 360 zile și ale rezistenței la întindere la vârsta de 360 zile

Tabelul VII.2.3

Denumirea stratului	R_{c360} MPa	R_{t360} MPa
Strat de bază	2,70...4,00	0,30...0,43
Strat de fundație	2,15...3,25	0,23...0,35

Așa cum rezultă din tabelul VII.2.3, raportul între rezistența la întindere și rezistența la compresiune este de aproximativ 1/10, fiind de altfel factorul de conversie a acestor caracteristici mecanice utilizat în Franța.

În metodologia de dimensionare a structurilor rutiere semirigide din Franța, a fost luat în considerare drept parametru de calcul pentru rezistența la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu ciment, valoarea de 1,15 MPa. Rezultă în consecință că straturile din agregate naturale stabilizate cu ciment au rezistențe mecanice, respectiv rigidități, mai mari decât cele corespunzătoare tehnologiei de stabilizare din țara noastră, care conduce la valori ale rezistenței la întindere sub 0,50 MPa.

Deoarece valoarea rezistenței la întindere și cea modulului de elasticitate dinamic sunt parametri de calcul care au o deosebită importanță în dimensionarea structurii rutiere, se recomandă ca aceste valori să fie stabilite pe baza unui studiu preliminar, efectuat de un laborator de specialitate. Determinarea acestor parametri comportă următoarele faze principale:

- stabilirea compoziției optime a amestecului de agregate naturale, ciment și apă;
- determinarea rezistenței la întindere prin încercarea de compresiune pe generatoare (încercarea Braziliană), la vârsta de 7 zile, R_{tB7} , a amestecului de agregate naturale stabilizate cu ciment, cu compoziție optimă;
- calcularea rezistenței la întindere la vârsta de 7 zile, cu relația: $R_{t7} = 0,8 \times R_{tB7}$;
- calcularea rezistenței la întindere la vârsta de 360 zile, cu relația VII.1: $R_{t360} = 1,81 \times R_{t7}$.

Luând în considerare dispersia rezultatelor acestor încercări pe epruvete extrase de pe teren și cele confecționate în laborator, se acceptă o reducere a valorii rezistenței la întindere determinate în laborator cu 30%. Aceasta conduce la $R_{t \text{ calcul}} = 0,7 \times R_{t360}$.

2.1.4.2. Modulul de elasticitate dinamic prezintă valori dependente de rezistențele mecanice ale agregatelor naturale stabilizate cu ciment. În literatura de specialitate se face o distincție netă între valoarea acestei caracteristici corespunzătoare condițiilor **nefisurată** sau **fisurată**, acceptându-se în general un raport de 7 la 8, ca urmare a procesului de fisurare, mai corect de microfisurare.

Corespunzător intervalelor de variație ale rezistenței la întindere la 360 zile din tabelul VII.2.3, modulul de elasticitate dinamic la aceiași vârstă variază în limitele date în tabelul VII.2.4.

Intervalele de variație ale modulului de elasticitate dinamic al agregatelor naturale stabilizate cu ciment

Tabelul VII.2.4

Denumirea stratului	Condiția	
	strat nefisurat	strat fisurat
	Modulul de elasticitate dinamic, MPa	
Strat de bază	4500...6300	600...840
Strat de fundație	3450...5250	460...700

Deși procesul de microfissurare este considerat că se produce în timpul execuției drumului, în metodologia de dimensionare franceză se iau în calcul valorile modulului de elasticitate dinamic al agregatelor naturale stabilizate cu ciment în condiția "strat nefisurat", condiție corespunzătoare în momentul determinării rezistențelor mecanice.

În cazul dimensionării straturilor de ranforsare a structurilor rutiere existente, s-a adoptat în metodologia actuală în vigoare, normativ indicativ AND 550, o valoare de calcul a modulului de elasticitate dinamic al agregatelor naturale stabilizate cu ciment de 600 MPa, corespunzătoare condiției de microfissurare a materialului.

2.1.4.3. Coeficientul lui Poisson variază între 0,22 și 0,30. Se propune drept parametru de calcul, valoarea 0,25 a acestui coeficient, în cazul dimensionării structurilor rutiere pentru drumuri noi și valoarea 0,27, în cazul dimensionării straturilor de ranforsare a drumurilor, în ipoteza că stratul stabilizat este microfissurat.

Parametrii de calcul implicați în metodologia de dimensionare a structurilor rutiere semirigide și în metoda de dimensionare a straturilor bituminoase de ranforsare conform normativului indicativ AND 550 sunt conform tabelului VII.2.5.

Parametrii de calcul implicați în dimensionarea structurilor rutiere semirigide

Tabelul VII.2.5

Denumirea stratului	R _t , MPa	E, MPa	μ
Strat de bază	0,40	1200	0,25
Strat de fundație	0,35	1000	0,25
Strat din alcătuirea unui drum existent	-	600	0,27

2.1.5. Proprietăți de comportare

2.1.5.1. Legea de oboseală constituie relația dintre tensiunea de întindere (sau deformația specifică de întindere) aplicată în cadrul încercării la solicitări repetate ale epruvetei din agregate naturale stabilizate cu ciment și numărul de solicitări care a determinat ruperea epruvetei. Această tensiune este adesea comparată cu cea corespunzătoare unei singure solicitări, care corespunde rezistenței la întindere a materialului.

Legile de oboseală au în general următoarea expresie:

$$\sigma_{rN} / \sigma_{r1} \text{ sau } \varepsilon_{rN} / \varepsilon_{r1} = \alpha + \beta \log N \quad (\text{VII.2.3})$$

în care:

- σ_{rN} este tensiunea de întindere care provoacă ruperea epruvetei la N solicitări;
- ε_{rN} - deformația specifică de întindere care provoacă ruperea epruvetei la N solicitări;
- σ_{r1} - tensiunea de întindere care provoacă ruperea epruvetei la o singură solicitare, respectiv rezistența la întindere;
- ε_{r1} - deformația specifică de întindere care determină ruperea epruvetei la o singură solicitare;

- α - termenul constant al regresiei;
 β - coeficientul de regresie.

Valoarea termenului constant al regresiei și cea a coeficientului de regresie au fost stabilite în mod experimental, prin încercări de laborator și au fost propuse diferite legi de oboseală, așa cum reiese din tabelul VII.2.6.

Legile de oboseală ale straturilor din agregate naturale stabilizate cu ciment

Tabelul VII.2.6

Autori	Legea de oboseală
Autret și alții (1982)	$\sigma_{rN} / \sigma_{r1} = 1,20 - 0,132 \times \log N$
Darter (1977)	$\sigma_{rN} / \sigma_{r1} = 0,940 - 0,056 \times \log N$
Golden (1988)	$\sigma_{rN} / \sigma_{r1} = 0,868 - 0,0326 \times \log N$
Freeme (1982)	$\varepsilon_{rN} / \varepsilon_{r1} = 1 - 0,109 \times \log N$
Verstraeten și alții	$\varepsilon_{rN} / \varepsilon_{r1} = 1 - 0,05 \times \log N$

Dintre legile de oboseală date în tabelul VII.2.7, este necesar să se adopte una dintre legile care corelează numărul de solicitări care produce ruperea prin oboseală cu tensiunea de întindere din stratul stabilizat, deoarece sunt cunoscute intervalele de variație a rezistenței la întindere. Pentru diferite valori ale numărului de solicitări și anume, 10^5 , 10^6 și 10^7 și pentru două valori ale rezistenței la întindere: 0,3 MPa și 0,4 MPa, tensiunea de întindere din stratul stabilizat trebuie să prezinte valorile maxime din tabelul VII. 2.7.

Valorile maxime ale tensiunii de întindere din stratul stabilizat, corespunzătoare unor diferite valori ale numărului de solicitări

Tabelul VII. 2.7.

Număr de solicitări	10^5		10^6		10^7	
Rt, MPa	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40
Legea de oboseală (autori)	Tensiunea de întindere maximă în stratul stabilizat, MPa					
Autret și alții	0,162	0,216	0,122	0,163	0,083	0,110
Darter	0,198	0,264	0,181	0,242	0,164	0,219
Golden	0,211	0,282	0,202	0,269	0,192	0,256

Se propune în consecință adoptarea următoarei legi de oboseală, care conduce la valori medii ale tensiunii de întindere admisibile:

$$\sigma_{rN} = R_t (0,94 - 0,056 \log N) \quad (\text{VII.2.4a})$$

în care:

σ_{rN} este tensiunea de întindere admisibilă la baza stratului stabilizat;

R_t - rezistența la întindere a materialului stabilizat;

N - numărul de solicitări egal cu traficul de calcul, în osii standard

sau

$$\sigma_{r \text{ adm.}} = R_t (0,60 - 0,056 \log N_c) \quad (\text{VII.2.4b})$$

în care N_c este traficul de calcul, în milioane osii standard.

2.1.5.2. Fisurarea termică se produce atunci când tensiunile termice datorate variațiilor de temperatură depășesc rezistența la întindere a materialului. Caracteristicile esențiale ale materialului sunt coeficientul de dilatație termică și rezistența la întindere.

2.1.5.3. **Legea de propagare a fisurii** prezintă importanță pentru aprecierea duratei de viață a stratului stabilizat. Astfel, odată ce procesul de fisurare a fost inițiat, distribuția tensiunilor prezintă o concentrație mare în apropierea fisurii. Câmpul de tensiune în această regiune este caracterizat prin factorul de intensitate a tensiunii K , care depinde de geometria structurii rutiere și de lungimea fisurii, c . Pentru fiecare material, există o valoare critică a factorului K_c (și în consecință o lungime critică a fisurii), peste care procesul de fisurare poate conduce în mod instantaneu la ruperea materialului.

La valori ale factorului de intensitate a tensiunii mai mici decât cea critică, propagarea fisurilor urmează legea lui Paris:

$$dc/dN = C \times \Delta K^n \quad (\text{VII.2.5})$$

în care:

dc/dN este rata de propagare;

ΔK - amplitudinea factorului de intensitate a tensiunii;

C și n - constante ale materialului.

2.1.5.4. **Contrația materialelor stabilizate cu ciment** are loc imediat după priza cimentului. În timpul prizei inițiale a cimentului, rezistența materialelor stabilizate cu ciment, R , și densitatea, ρ , sunt elementele care influențează inițierea fisurilor de contracție. Distanța medie, L , dintre fisurile de contracție este determinată de caracteristicile de mai sus, prin relația:

$$L = \frac{2R}{\mu \rho} \quad (\text{VII.2.6})$$

în care μ este coeficientul de frecare între stratul stabilizat și stratul de fundație inferior.

Distanța medie, L , dintre fisuri este deci direct proporțională cu rezistența la întindere a agregatelor naturale stabilizate cu ciment. Pe termen lung, după acoperirea stratului stabilizat cu straturi bituminoase, contracția și dilatația stratului stabilizat fisurat, datorată variațiilor diurne sau sezoniere de temperatură vor iniția fisuri în statul bituminos și propagarea acestora la suprafața de rulare (fenomenul de fisurare reflectivă). Gravitatea acestui efect este cu atât mai mare, cu cât distanța dintre fisuri este mai mare. Desigur că distanța dintre fisuri este în funcție de rezistența materialului. Aceasta însă nu poate coborâ sub valorile minime acceptate, pentru a sigura o bună comportare a stratului, sub influența solicitărilor din trafic.

Controlul procesului de fisurare reflectivă se face în unele țări prin prefisurarea stratului stabilizat, astfel încât distanța medie dintre fisuri să nu depășească 2 m.

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr.2.2.1 pentru stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici și în fișa tehnică nr. 3.1.1 pentru stratul de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici.

2.2. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

Spre deosebire de procesul de întărire al agregatelor naturale stabilizate cu ciment, caracteristicile reacției puzzolanice determină un proces lent de întărire, în funcție de temperatură, al agregatelor naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, în prezența unui activator și a apei, care se manifestă o perioadă de 1..2 ani. La temperaturi scăzute, sub 5°C, procesul de întărire este practic oprit, dar el continuă odată cu creșterea temperaturii stratului stabilizat, ceea ce reprezintă un mare avantaj al tehnologiei de stabilizare cu acest tip de liant.

Condițiile tehnice de calitate ale straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici sunt date în instrucțiunile indicativ CD 127.

2.2.1. Elemente geometrice

În conformitate cu prescripțiile tehnice legale în vigoare, grosimea minimă constructivă a stratului din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici este 12 cm. Deoarece se consideră că grosimea redusă a acestui strat nu poate asigura buna comportare în exploatare se propune adoptarea grosimii minime de 15 cm, prevăzută în prescripțiile tehnice franceze.

În cazul utilizării stratului din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici la ranforsarea structurilor rutiere suple, grosimea minimă a acestuia nu trebuie să fie mai mică de 18 cm pentru clasele de trafic ușor și mediu și de 20 cm pentru clasa de trafic greu.

Abaterile limită la grosime pot fi de ± 1 cm.

Pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței straturilor de fundație și de bază sunt aceleași ca ale îmbrăcăminților sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu $\pm 0,5$ cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.

Denivelările admisibile în profil longitudinal ale suprafeței straturilor de fundație sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 1,5 cm.

2.2.2. Materiale

Agregatele naturale, lianții puzzolanici, activatorul și apa trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din capitolul VI.

Pentru straturile de bază și de ranforsare pentru clasele de trafic mediu la foarte greu, granulozitatea amestecului de agregate naturale, liant puzzolanic și activator trebuie să se încadreze în zona din figura VII.5.

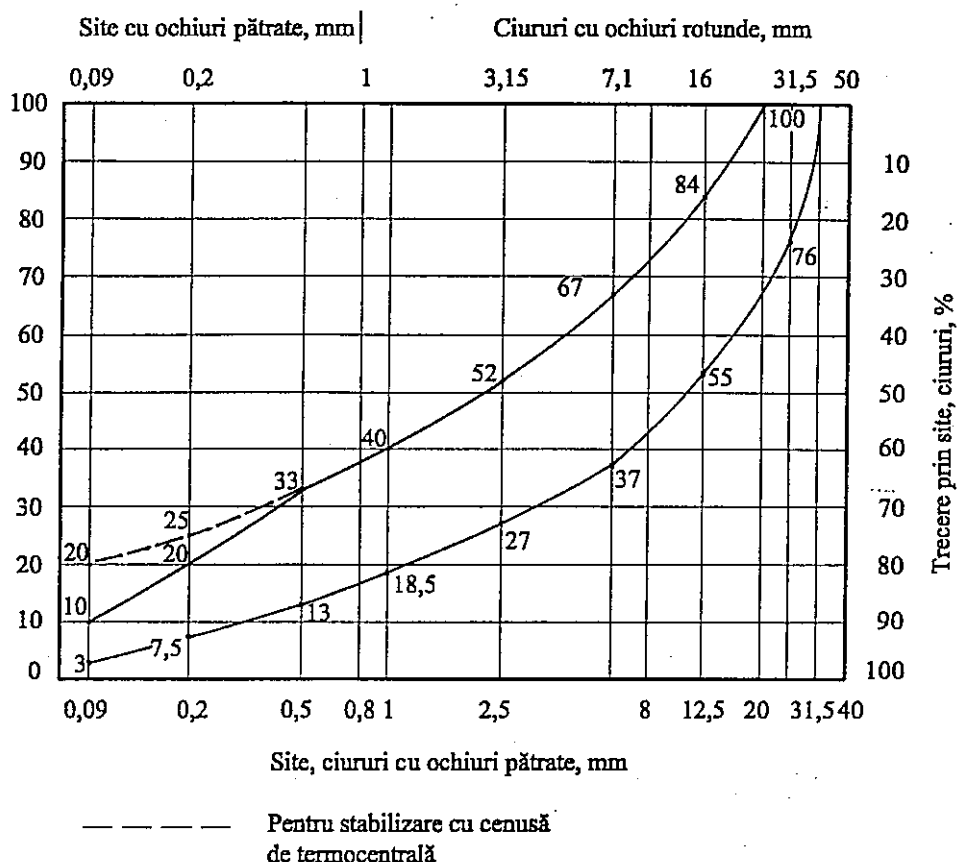


Figura VII.5 Zona de granulozitate a amestecului de agregate naturale, liant puzzolanic și activator

Compoziția optimă a amestecului de agregate naturale, liant puzzolanici, activator și apă se stabilește în cadrul unui studiu preliminar, efectuat de un laborator de specialitate. Pentru efectuarea acestui studiu, se recomandă adoptarea următoarelor doze ale lianților puzzolanici (raportate la greutatea amestecului uscat de agregate naturale, liant puzzolanici și activator):

- 20%, 25% și 30% zgură granulată;
- 10%, 20% și 30% cenușă de termocentrală;
- 6%, 8% și 10% tuf vulcanic măcinat.

Pentru activator se adoptă dozele de 2% și 3% (raportate la greutatea amestecului uscat), în funcție de tehnologia de preparare a amestecului și anume:

- 3% activator în cazul tehnologiei de preparare a amestecului prin procedeul de amestecare pe loc;
- 2% activator în cazul tehnologiei de preparare în stații fixe a amestecului.

Dozajul de apă este corespunzător umidității optime de compactare în domeniul “umed”, stabilită prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13.

2.2.3. Caracteristicile straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

Caracteristicile fizico-mecanice ale amestecului de agregate naturale, liant puzzolanici, activator și apă trebuie să îndeplinească condițiile precizate în tabelul VII.2.8

Caracteristicile agregatelor naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

Tabelul VII.2.8

Caracteristici	Tipul liantului puzzolanici					
	Zgură granulată		Cenușă de termocentrală		Tuf vulcanic măcinat	
	strat de fundație	strat de bază	strat de fundație	strat de bază	strat de fundație	Strat de bază
Rezistența la compresiune la vârsta de: - 14 zile, MPa - 28 zile, MPa	min. 0,50 min. 0,80	min. 0,70 min. 1,30	min. 0,70 min. 1,30	min. 1,20 min. 2,20	min. 0,30 min. 0,50	min. 0,60 min. 0,90
Scăderea rezistenței la compresiune prin imersare în apă timp de 7 zile, %	max. 25				-	

Compoziția optimă a amestecului se stabilește conform STAS 10473/2, astfel încât caracteristicile amestecului să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelul VII.2.8.

Gradul de compactare al straturilor de bază și de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici trebuie să fie de minimum 95% din densitatea aparentă în stare uscată, maximă, în 95% din punctele de măsurare.

Densitatea în stare uscată, maximă, se stabilește prin încercare Proctor modificată, conform STAS 1913/13 și este corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

2.2.4. Performanțe mecanice pentru dimensionare

Instrucțiunile tehnice departamentale pentru dimensionarea ranforsărilor cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, indicativ CD 125, prevăd o metodă analitică de dimensionare, bazată pe următoarele criterii:

- tensiunea de întindere admisibilă din stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici;

- deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul pământului de fundare.

Elaborarea acestei metodologii a impus stabilirea parametrilor de calcul necesari dimensionării stratului din agregate stabilizate cu lianți puzzolanici, considerat a îndeplini în structura rutieră ranforsată, rolul unui strat de bază.

Valorile parametrilor de calcul și anume, rezistența la întindere, R_t , și modulul de elasticitate, E , sunt în funcție de tipul liantului puzzolanic, conform tabelului VII.2.9. Ele sunt corespunzătoare sfârșitului perioadei de întărire a materialului stabilizat, respectiv vârstei de minimum 360 zile.

**Parametrii de calcul implicați în dimensionarea stratului de bază
din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici**

Tabelul VII.2.9

Tipul liantului puzzolanic	R_t , MPa	E , MPa	μ	E/R_t
Zgură granulată	0,35	1200	0,25	3430
Cenușă de termocentrală	0,50	1800	0,25	3600
Tuf vulcanic măcinat	0,55	1200	0,25	2180

Luând în considerare raportul dintre rezistențele la compresiune ale materialelor stabilizate din stratul de fundație și cele din stratul de bază, a cărei valoare medie este 0,60, conform tabelului VII.2.8 și valorile raportului E/R_t din tabelul VII.2.9, s-a ajuns la valorile parametrilor de calcul necesari dimensionării stratului de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici din tabelul VII.2.10.

**Parametrii de calcul implicați în dimensionarea stratului de fundație
din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici**

Tabelul VII.2.10

Tipul liantului puzzolanic	R_t , MPa	E , MPa	μ
Zgură granulată	0,20	700	0,25
Cenușă de termocentrală	0,30	1100	0,25
Tuf vulcanic măcinat	0,35	750	0,25

2.2.4.3. Coeficientul lui Poisson are valoare 0,25 conform tabelelor VII.2.9 și VII.2.10.

2.2.5. Proprietăți de comportare

2.2.5.1. Legea de oboseală propusă este aceeași ca cea pentru agregatele naturale stabilizate cu ciment și anume, relația VII.2.4a sau VII.2.4b.

2.2.5.2. Fisurarea termică, legea de propagare a fisurii și contracția materialelor stabilizate cu lianți puzzolanici sunt similare materialelor stabilizate cu ciment. Totuși, procesul lent de întărire a agregatelor naturale stabilizate cu aceste tipuri de lianți determină întârzierea fisurării termice a stratului și a procesului de propagare a fisurilor la suprafața structurii rutiere. Acest lucru a permis reducerea grosimii straturilor bituminoase care se execută pe stratul stabilizat cu lianți puzzolanici. Astfel, conform prescripțiilor tehnice indicativ CD 152, straturile de ranforsare din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici pot fi acoperite cu o îmbrăcăminte bituminoasă pentru clasele de trafic mediu și greu sau cu un tratament bituminos, dublu, întărit, pentru clasele de trafic ușor și mediu.

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr.2.2.2 pentru stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici și în fișa tehnică nr. 3.1.2 pentru stratul de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

3. STRATURI RUTIERE BITUMINOASE

3.1. Straturi de bază din macadam penetrat și semipenetrat cu lianți bituminoși

Macadamul penetrat și semipenetrat sunt straturi rutiere executate după principiul macadamului la care se face penetrarea cu bitum sau emulsie bituminoasă, urmată de așternere de agregat natural și compactare, conform SR 1120. În cazul în care stratul de bază executat nu se acoperă imediat cu îmbrăcăminte bituminoasă, acesta trebuie să fie protejat cu un tratament de închidere.

Macadamul penetrat și semipenetrat se folosesc ca strat de bază, în special în cazul aplicării principiului îmbunătățirilor succesive sau când îmbrăcămintea nu poate fi executată decât ulterior (zone cu terenuri în curs de stabilizare, ramblee înalte etc.).

Alegerea tipului de macadam, ca strat de bază, se face la proiectarea lucrărilor, în funcție de clasa tehnică a drumului, conform tabelului VII.3.1.

Tipul macadamului în funcție de clasa tehnică a drumului

Tabelul VII.3.1.

Tipul macadamului	Clasa tehnică a drumului
Macadam penetrat	II – III
Macadam semipenetrat	III

3.1.1. Elemente geometrice

Grosimea minimă a macadamului penetrat sau semipenetrat, trebuie să fie de 12 cm înainte de cilindrare și de 10 cm după cilindrarea definitivă.

Profilul transversal trebuie să aibă forma și pantele conform SR 174 -1.

Declivitatea maximă, în profil longitudinal, a suprafeței stratului este de 7%.

Abaterile limită admisibile sunt:

- pentru grosime: max. -10%;
- pentru panta profilului transversal: max. 6 mm sub dreptarul de 3 m;
- pentru denivelările în profil longitudinal: max. 20 mm, sub dreptarul de 3 m. Nu se admit denivelări care favorizează stagnarea apei.

3.1.2. Materiale

Agregatele naturale, bitumul și emulsia bituminoasă cationică trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din capitolul VI, subcapitolul 2.

Agregatele naturale de carieră folosite la execuția straturilor componente ale macadamului penetrat și semipenetrat, sunt conform tabelului VII.3.2.

Agregate naturale utilizate

Tabelul VII.3.2.

Tipul macadamului bituminos	Tipul stratului executat	Agregatele naturale utilizate
Macadam penetrat	Strat de piatră spartă: * schelet mineral * împănare	piatră spartă sort 40-63 split sort 16-25
	Strat de acoperire: * după prima penetrare * după a doua penetrare	split sort 16-25 - criblură sort 16-25 - split sort 16-25
	Tratament de închidere	criblură sort 4-8
Macadam semipenetrat	Strat de piatră spartă: * schelet mineral * împănare	piatră spartă sort 40-63 split sort 16-25
	Strat de acoperire	split sort 16-25
	Tratament de închidere	criblură sort 4-8

Lianții bituminoși folosiți la execuția macadamului penetrat și semipenetrat sunt:

- în cazul tehnologiei la cald:
 - bitum tip D 80/100 pentru penetrare și pentru tratamentul de închidere;
- în cazul tehnologiei la rece:
 - emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă tip EBCR, atât pentru penetrare cât și pentru tratamentul de închidere.

3.1.3. Compoziția macadamului penetrat și semipenetrat

Dozajele de materiale folosite la execuția stratului de bază din macadam penetrat și semipenetrat sunt conform tabelului VII.3.3., iar pentru tratamentul de închidere conform tabelului VII.3.4.

Dozajele materialelor componente pentru macadamurile bituminoase

Tabelul VII.3.3.

Tipul macadamului bituminos	Agregatele naturale, kg/m ²				Liantul bituminos, kg/m ²	
	Stratul de piatră spartă		Stratul de acoperire		Penetrare I	Penetrare II
	Schelet mineral	Împănare	După penetrare I	După penetrare II	Penetrare I	Penetrare II
Macadam penetrat: - cu bitum - cu emulsie bituminoasă	180-200 (sort 40-63)	11-15 (split sort 16-25)	20-25 (split sort 16-25)	15 - 20 (criblură sort 16-25) 15 - 20 (split sort 16-25)	3,0-3,5 5,0-6,0	2,0-2,5 3,4-4,2
Macadam semipenetrat: - cu bitum - cu emulsie bituminoasă	180-200 (sort 40-63)	11-15 (split sort 16-25)	20-25 (split sort 16-25)	-	3,6-4,4 6,0-7,3	- -

24B

Dozajele materialelor componente pentru tratamentul de închidere

Tabelul VII.3.4.

Tipul macadamului bituminos	Criblura sort 3-8, kg/m ²	Liantul bituminos, kg/m ²
Macadam penetrat: - cu bitum - cu emulsie bituminoasă	10...15	1,0...1,2 1,7...2,0
Macadam semipenetrat: - cu bitum - cu emulsie bituminoasă	16...20	1,2...1,6 2,0...2,7

În cursul executării lucrărilor se controlează, la început și apoi periodic, la fiecare 0,5 km executați, dozajele de materiale prevăzute în tabelele VII.3.3. și VII.3.4.

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr. 2.1.2. din anexa 3.

3.2. Straturi de bază din mixtură asfaltică

3.2.1. Tipuri de mixturi asfaltice

Mixturile asfaltice pentru straturile de bază se prepară la cald din agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 7970.

În funcție de granulozitatea agregatelor naturale din care sunt preparate, mixturile asfaltice pentru straturile de bază sunt de două tipuri:

- tip AB 1, cu agregate mijlocii (22...47% granule cu dimensiunea peste # 4 mm);
- tip AB 2, cu agregate mari (37...66% granule cu dimensiunea peste # 4 mm).

Alegerea tipului de mixtură asfaltică se face la proiectarea lucrărilor, în funcție de clasa tehnică a drumului, conform tabelului VII.3.5.

Tipul mixturii asfaltice în funcție de clasa tehnică a drumului

Tabelul VII.3.5.

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului
Anrobat bituminos cu agregate mari (tip AB 2)	I – V
Anrobat bituminos cu agregate mijlocii (tip AB 1)	II – V

Condițiile tehnice ale straturilor de bază din mixturi asfaltice cilindrate, executate la cald, sunt precizate în SR 7970.

3.2.2. Elemente geometrice

Grosimea minimă constructivă, după compactare, a stratului de bază din mixturi asfaltice este de 5 cm în cazul mixturii asfaltice tip AB 1 și de 6 cm în cazul mixturii asfaltice tip AB 2.

Grosimea totală a stratului de bază se stabilește prin calcul de dimensionare.

Abaterile limită locale în minus față de grosimea prevăzută în proiect pentru fiecare strat în parte, pot fi de max. 10%.

Panta în profil transversal și declivitatea în profil longitudinal a suprafeței stratului de bază sunt aceleași ca și ale îmbrăcămintei bituminoase sub care se execută, conform SR 174-1.

Abaterile limită admisibile locale sunt:

- pentru profilul transversal: ± 5 mm/m;
- pentru profilul longitudinal: ± 20 mm, cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat;
- pentru denivelările în profilul longitudinal: max. 10 mm sub dreptarul de 3 m, atunci când stratul de bază se acoperă imediat cu îmbrăcămintă bituminoasă.

3.2.3. Materiale

Agregatele naturale, filerul și bitumul trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din capitolul VI, subcapitolul 2.

Mixturile asfaltice pentru stratul de bază pot fi realizate integral din agregate naturale de carieră, din amestec de agregate naturale de carieră și de balastieră sau numai din agregate naturale de balastieră, în funcție de clasa tehnică a drumului, conform tabelului VII.3.6.

Agregatele naturale utilizate în funcție de clasa tehnică a drumului

Tabelul VII.3.6.

Clasa tehnică a drumului	Agregatele naturale utilizate
I (autostrăzi)	- cribluri sort 4-8, 8-16, 16-25; - nisip de concasare sort 0-4; - nisip natural sort 0-4 (sort 0-3 sau sort 0-7), raport 1:1 cu nisipul de concasare; - filer.
II	- cribluri: min. 35% (recomandabil sort 16-25 sau 8-16 și 16-25); - nisip de concasare sort 0-4, raport 1:1 cu nisipul natural sort 0-4; - pietriș sort 4-8, 8-16, 16-25 sau 8-25 rezultat din concasarea agregatelor de râu; - nisip natural sort 0-3 și 3-7, sau 0-7 (raport 1 : 1 cu nisipul de concasare); - filer.
III	- pietriș concasat sort 4-8 sau 8-25; - nisip natural sort 0-4; - nisip de concasare sort 0-4 sau savuri sort 0-8, raport 1:1 cu nisipul natural sort 0-4; - pietriș sort 4-8, 8-16, 16-25 sau 8-25 rezultat din concasarea agregatelor de râu; - filer.
IV – V	- pietriș sort 8-25 sau sorturile 4-8 și 8-25; - nisip natural sort 0-4; - filer.

Dozajele agregatelor naturale componente se stabilesc prin studii preliminare de laborator, astfel încât compoziția mixturilor asfaltice să se încadreze în limitele granulometrice din tabelul VII.3.7, determinată pe site cu ochiuri pătrate conform SR EN 933-2.

**Zona de granulozitate a agregatelor naturale
(site cu ochiuri pătrate conform SR EN 933-2)**

Tabelul VII.3.7.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin site cu ochiuri pătrate, de ...mm, %								
	31,5	25	16	8	4	1	0,63	0,20	0,10
AB1	100	90-100	80-100	67-91	53-78	30-58	22-52	6-30	5-14
AB2	100	90-100	71-100	50-86	34-63	14-39	10-35	4-22	3-11

Pentru straturile de bază din mixturi asfaltice se folosesc, conform SR 7970, următoarele tipuri de bitum neparafinos pentru drumuri:

- bitum tip D 60/80, pentru zona climaterică caldă;
- bitum tip D 80/100, pentru zona climaterică rece.

Zonele climaterice sunt delimitate conform figurii VI.6.1

Se consideră oportună, deasemenea, utilizarea bitumurilor neparafinoase pentru drumuri tip 50/70 și 70/100, prevăzute pentru îmbrăcămințile bituminoase de noul standard SR 174/1, cu condiția ca mixturile asfaltice tip AB1 și tip AB2 să îndeplinească caracteristicile din tabelele VII.3.9 și VII.3.10.

Condițiile de admisibilitate pe care trebuie să le îndeplinească bitumul neparafinos pentru drumuri sunt cele prevăzute de SR 754 și de normativul indicativ AND 537, precizate în capitolul VI.

În cazul în care adezivitatea bitumului, determinată conform SR 10969, este sub valoarea minimă admisibilă de 80%, este necesară aditivarea bitumului.

Dozajele variază, în funcție de tipul mixturii asfaltice și al agregatelor naturale, în limitele recomandate de SR 7970, prevăzute în tabelul VII. 3.8.

Dozajele de bitum în mixtura asfaltică

Tabelul VII.3.8.

Tipul bitumului	Zona climaterică	Dozaj, % în mixtura asfaltică			
		Tip AB 1		Tip AB 2	
		Agregate concasate	Agregate neconcasate	Agregate concasate	Agregate neconcasate
D 60 / 80, D 50/70	caldă	3,6...5,4	3,5...5,0	3,4...5,0	3,3...4,8
D 80 / 100, D 70/100	rece				

3.2.4. Caracteristicile stratului de bază din mixturi asfaltice

Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice tip AB 1 și tip AB 2 trebuie să îndeplinească condițiile din SR 7970 precizate în tabelele VII.3.9. și VII 3.10.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul VII.3.9.

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Tipul bitumului	Stabilitatea la 60°C, kN (S)	Indicele de curgere, mm (I)	Densitatea aparentă, kg/m ³	Absorbția de apă, % vol.
AB 1	I...III	D 60/80	min. 5,0	1,5...4,0	min. 2200	2...8
	IV...V	50/70	min. 4,5	1,5...4,5		
	I...III	D 80/100	min. 4,5	1,5...4,5		
	IV...V	70/100	min. 4,0	1,5...4,5		
AB 2	I...III	D 60/80	min. 5,5	1,5...3,5		
	IV...V	50/70	min. 5,0	1,5...4,0		
	I...III	D 80/100	min. 5,0	1,5...4,0		
	IV...V	70/100	min. 4,5	1,5...4,5		

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete cubice

Tabelul VII.3.10.

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Tipul bitumului	Rezistența la compresiune la 22°C, N/mm ²	Reducerea rezistenței la compresiune la 22°C, după 28 zile de păstrare în apă, %	Densitatea aparentă, kg/m ³	Absorbția de apă, % vol.
AB 1	I...V	D 60/80 D 80/100	min. 2,5	max. 30	min. 2150	2...10
AB 2	I...V	D 60/80 D 80/100	min. 2,5	max. 30		

Compoziția optimă a mixturii asfaltice se stabilește prin studiu preliminar, efectuat de un laborator acreditat sau autorizat, astfel încât caracteristicile fizico-mecanice să îndeplinească condițiile de admisibilitate din tabelele VII.3.9. și VII.3.10.

Referitor la caracteristicile fizico – mecanice pe epruvete cubice, se apreciază ca acestea vor fi înlocuite în standardul 7970 care urmează să fie revizuit, cu caracteristici determinate prin încercări dinamice, similar cu noul SR 174-1:2009.

Compactarea stratului de bază se verifică prin stabilirea gradului de compactare și prin încercări de laborator pe carote pentru determinarea densității aparente și a absorbției de apă. Aceste caracteristici trebuie să se încadreze în condițiile tehnice precizate în tabelul VII.3.11.

Caracteristicile stratului bituminos

Tabelul VII.3.11.

Gradul de compactare, %	Densitatea aparentă, kg/m ³	Absorbția de apă, % vol.
min. 96	min. 2150	2...10

Gradul de compactare și densitatea aparentă se determină pe carote prelevate din stratul gata executat sau prin măsurători in situ cu gamadensimetrul. Absorbția de apă se determină pe plăcuțe, conform SR 174-1.

Datele tehnice menționate mai sus și tehnologia de execuție sunt sintetizate în fișa tehnică nr. 2.1.1.

3.3. Îmbrăcăminți bituminoase din mixturi asfaltice cu bitum pur

3.3.1. Tipuri de mixturi asfaltice

Mixturile asfaltice pentru îmbrăcămințile bituminoase cilindrare la cald, se prepară din agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1 și SR 174-2.

Tipurile de mixturi asfaltice variază în funcție de granulozitate și dimensiunea maximă a granulelor agregatelor naturale. Alegerea tipului de mixtură asfaltică se face în funcție de tipul stratului bituminos și de clasa tehnică a drumului, conform tabelelor VII.3.12. și VII.3.13.

Strat de uzură

Tabelul VII.3.12.

Tipul mixturii asfaltice	Dimensiunea maximă a agregatelor naturale, mm	Clasa tehnică a drumului
Beton asfaltic		
- BA 8	8	VI - V
- BA 12,5	12,5	II - V
- BA 16	16	II - V
- BA 25	25	IV - V
Beton asfaltic rugos (BAR 16)	16	I - III
Beton asfaltic cu pietriș concasat (BA PC 16)	16	IV - V

Strat de legătură

Tabelul VII.3.13.

Tipul mixturii asfaltice	Dimensiunea maximă a agregatelor naturale, mm	Clasa tehnică a drumului
Beton asfaltic deschis cu criblură		
- BAD 25	25	I - V
- BAD 20	20	I - V
Beton asfaltic deschis cu pietriș concasat (BAD PC 25)	25	III - V
Beton asfaltic deschis cu pietriș sortat (BAD PS 25)	25	IV - V

Condițiile tehnice de calitate ale îmbrăcămintei bituminoase (strat de uzură și strat de legătură) și ale mixturilor asfaltice destinate executării acestora sunt reglementate de SR 174-1.

3.3.2. Elemente geometrice

Grosimea minimă constructivă, după compactare, a straturilor de uzură și de legătură, variază în funcție de tipul mixturii asfaltice conform tabelului VII.3.14.

Grosimea minimă a stratului bituminos

Tabelul VII.3.14.

Denumirea stratului	Tipul mixturii asfaltice	Grosimea minimă a stratului, cm
Strat de uzură	Beton asfaltic bogat în criblură	4,0
	Beton asfaltic rugos	
	Beton asfaltic cu pietriș concasat	
Strat de legătură	Beton asfaltic deschis cu criblură	5,0
	Beton asfaltic deschis cu pietriș concasat	
	Beton asfaltic deschis cu pietriș sortat	

Nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect pentru fiecare strat. Abaterile în plus la grosime nu constituie motiv de respingere a lucrării.

Condițiile de admisibilitate și abatele limită locale admise pentru lățimea părții carosabile, profilul transversal și profilul longitudinal, prevăzute de SR 174-1, sunt conform tabelului VII.3.15.

Condiții de admisibilitate ale elementelor geometrice

Tabelul VII.3.15.

Elemente geometrice	Condiții de admisibilitate conform STAS 2900	Abateri limită locale
Lățimea părții carosabile		± 50 mm
Profil transversal:	sub formă de acoperiș, conform STAS 863	± 5,0 mm față de cotele profilului adoptat
- în aliment		
- în curbe și zone aferente		
Profil longitudinal.	Declivitate % max:	± 5,0 mm față de cotele profilului proiectat, cu condiția respectării pasului de proiectare respectat
Tipul mixturii asfaltice din stratul de uzură:		
- beton asfaltic bogat în criblură;	6,0	
- beton asfaltic rugos;	9,0	
- beton asfaltic cu pietriș concasat	6,0	

3.3.3. Materiale

Agregatele naturale, filerul și bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din capitolul VI.

Agregatele naturale care intră în compoziția mixturii asfaltice variază în funcție de tipul mixturii asfaltice și de tipul stratului bituminos, conform tabelului VII.3.16.

La betoanele asfaltice care conțin amestec de nisip de concasare și nisip natural, conținutul de nisip natural în amestecul total de nisipuri este de maximum:

- 25% pentru betoanele asfaltice bogate în criblură BA 8, BA 12,5, BA 16;
- 30% pentru betonul asfaltic BA 25;

- 50% pentru betoanele asfaltice deschise BAD 20, BAD 25, BAD PC 25 și BADPS 25.

Agregate naturale utilizate

Tabelul VII.3.16.

Denumirea stratului bituminos	Tipul mixturii asfaltice	Agregate naturale. Sorturi
Strat de uzură	Beton asfaltic	Criblură: sort 4-8; 8-12,5 sau 8-16; 16-25; Nisip de concasare sort 0-4; Nisip natural sort 0-4; Filer
	Beton asfaltic rugos	Criblură: sort 4-8; 8-16; Nisip de concasare sort 0-4; Filer
	Beton asfaltic cu pietriș concasat	Pietriș concasat: sort 4-8; 8-16; 16-25; Nisip natural sort 0-4; Filer
Strat de legătură	Beton asfaltic deschis cu criblură	Criblură: sort 4-8; 8-16; 16-20 sau 16-25; Nisip de concasare sort 0-4; Nisip natural sort 0-4; Filer
	Beton asfaltic deschis cu pietriș concasat	Pietriș concasat: sort 4-8; 8-16; 16-25; Nisip de concasare sort 0-4; Nisip natural sort 0-4; Filer
	Beton asfaltic deschis cu pietriș sortat	Pietriș: sort 4-8; 8-16; 16-25; Nisip de concasare sort 0-4; Nisip natural sort 0-4; Filer

Tipurile de bitum folosite pentru stratul de uzură și stratul de legătură se diferențiază în funcție de tipul climateric al zonei (fig. VII.6) și de clasa tehnică a drumului, astfel:

- tip D 60/80 și 50/70: zona caldă;
- tip D 80/100 și 70/100: zona rece;
- tip 35/50: numai pentru stratul de legătură în zona caldă.

Adezivitatea bitumului față de agregatele naturale folosite, determinată conform SR 10969, trebuie să fie de min. 80%. Dacă adezivitatea este mai mică, este obligatorie aditivarea bitumului, executarea îmbrăcăminților bituminoase cu bitum aditivat efectuându-se conform normativului ind AND 553.

Dozajele de agregate naturale, filer și bitum se stabilesc prin studii preliminare de laborator, astfel încât compoziția granulometrică a mixturilor asfaltice să se încadreze în limitele admisibile din tabelele VII.3.17. și VII.3.18.

Zona de granulozitate a mixturilor asfaltice pentru stratul de uzură

Tabelul VII.3.17.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BA 8	-	100	-	90...100	56...78	30...55	22...42	18...35	11...25	-	8...14	7...11
BA 12,5	-	100	90...100	70...85	52...66	35...50	24...38	-	-	8...16	-	5...10
BA 16 și BAPC 16	100	90...100	-	66...85	42...66	30...50	22...42	18...35	11...25	-	8...13	7...10
BA 25	90...100	72...90	-	54...80	40...61	30...50	20...40	15...35	8...25	-	6...13	5...10
BAR 16	100	90...100	-	61...74	39...53	27...40	21...31	18...25	11...15	-	8...11	7...9

Zona de granulozitate a mixturilor asfaltice pentru stratul de legătură

Tabelul VII.3.18.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %												
	31,5	25	20	16	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BAD 20	100	-	90...100	73...90	40...60	28...45	20...35	14...30	-	-	5...10	-	3...7
BAD25	100	90...100	-	73...90	42...61	28...45	20...35	14...32	10...30	5...20	-	3...8	2...5
BADPC25													
BADPS25													

Dozajul de bitum variază în limitele prevăzute în tabelul VII.3.19, în funcție de tipul mixturii asfaltice și de clasa tehnică a drumului. Aceste dozaje conform SR 174-1 au caracter de recomandare, iar conținutul optim de bitum se stabilește prin studii preliminare de laborator, de către un laborator de specialitate autorizat sau acreditat.

Dozajul de bitum

Tabelul VII.3.19.

Tipul mixturii asfaltice	Dozajul de bitum, %, în mixtura asfaltică	Clasa tehnică a drumului
Strat de uzură		
- BA 8	6,5...7,5	IV - V
- BA 12,5	6,0...7,3	II - III
- BA 16	6,0...7,3	II - III
	6,5...7,5	IV - V
- BAR 16	5,7... 6,2	I - III
- BA PC 16	6,0...7,5	IV - V
Strat de legătură		
- BAD 20	min.4,5	I - IV
- BAD 25	4,0...5,0	I - V
- BAD PC 25	4,0...5,0	III - V
- BAD PS 25	4,0...5,0	IV - V

Raportul filer – bitum recomandat de SR174-1 pentru aceste tipuri de mixturi asfaltice este prezentat în tabelul VII. 3. 20.

Raportul filer – bitum

Tabelul VII.3.20.

Denumirea stratului bituminos	Tipul mixturii asfaltice	Raport filer – bitum (recomandat)
Strat de uzură	Beton asfaltic:	
	- BA 8, BA 12,5, BA 16	1,3...1,8
	- BA 25	1,1...1,8
	Beton asfaltic rugos BAR 16	1,6...1,8
	Beton asfaltic cu pietriș concasat BA PC 16	1,6...1,8
Strat de legătură	Betoane asfaltice deschise BAD 20, BAD 25, BAD PC 25, BAD PS 25	0,5 – 1,4

3.3.4. Caracteristicile îmbrăcămintei bituminoase

Caracteristicile fizico - mecanice ale mixturilor asfaltice utilizate la execuția straturilor de uzură și de legătură se referă la:

- caracteristici determinate pe epruvete Marshall;
- caracteristici determinate prin încercări dinamice:
 - rezistența la deformare permanentă (încercarea la compresiune ciclică triaxială, determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c și încercarea la ornieraj, determinată conform SR EN 12697-22, dispozitiv mic în aer, procedeul B, pe placă (carotă));
 - rezistența la oboseală, determinată pe epruvete cilindrice, conform SR EN 12697-24, anexa E;

- modulul de rigiditate, determinat pe epruvete cilindrice, conform SR EN 12697-26, anexa C;
- volumul de goluri al mixturii asfaltice compactate, determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.

Caracteristicile fizico – mecanice ale mixturilor asfaltice preparate cu bitum pur trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute de SR 174-1, precizate în tabelele VII.3.21. și VII.3.22.

Caracteristicile fizico-mecanice determinate pe epruvete Marshall

Tabelul VII.3.21.

Denumirea stratului bituminos	Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
			Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
Strat de uzură	BA 8	IV - V	min. 6,0	1,5...4,5	1,3...4,0	min. 2300	1,5...5,0
	BA 12,5	II - III	min. 8,0	1,5...4,0	2,0...5,3		
	BA 16	II - III	min. 8,0	1,5...4,0	2,0...5,3		
		IV - V	min. 6,5	1,5...4,5	1,4...4,3		
	BA 25	IV - V	min. 6,0	1,5...4,5	1,3...4,0		
	BAR 16	I - II	min. 8,5	1,5...4,0	2,1...5,6		2,0 - 6,0
		III	min. 8,0	1,5...4,0	2,0...5,3		
Strat de legătură	BA PC 16	IV - V	min. 6,5	1,5...4,5	1,4...4,3	min. 2250	1,5 - 5,0
	BAD 20	I - V	min. 5,0	1,5...4,5	1,1...3,3		1,5 - 6,0
	BAD 25	I - V	min. 5,0		1,1...3,3		
	BAD PC 25	III - V	min. 4,5		1,0...3,0		
	BAD PS 25	IV - V	min. 4,5		1,0...3,0		

Caracteristici fizico- mecanice determinate prin încercări dinamice

Tabelul VII. 3.22.

Caracteristica	Mixtură asfaltică tip beton asfaltic pentru	
	strat de uzură	strat de legătură
Caracteristici pe cilindri confecționați la presa giratorie		
Volum de goluri la:		
- 80 rotații, %	max. 5,0	-
- 120 rotații, %	-	max. 9,5
Rezistența la deformății permanente (fluaj dinamic):		
- deformația la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m	max. 30000 max.3 - -	-
- viteză de deformație la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu		-
- deformația la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m		max. 20000
- viteză de deformație la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu		max.2
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4500	min. 4000
Rezistența la oboseală, numărul de cicluri până la fisurare la 15 °C	-	min. 400000
Caracteristici pe plăci (compactator cu placa) sau pe carote din îmbrăcăminte		
Rezistența la deformății permanente la 60 °C (ornieraj):		
- Viteza de deformație la ornieraj, mm/1000 cicluri, pentru număr mediu de vehicule** mai mare de 6000, mm/oră	max. 1,0	-
- Adâncimea fâgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm, pentru număr mediu de vehicule** mai mare de 6000, mm	max. 9,0	-

**vehiculele de transport marfă și autobuze, în 24 ore, calculate pentru traficul de perspectivă

Determinarea caracteristicilor fizico – mecanice se efectuează conform standardelor europene preluate ca standarde naționale, precizate în anexa 5. Caracteristicile mecanice determinate prin încercări dinamice se verifică numai pentru drumurile de clasă tehnică I și II. Referitor la rezistența la deformății permanente, determinată prin încercarea la ornieraj conform

SR EN 12697-22:2006, valorile introduse în SR 174-1:2009 sunt informative timp de doi ani până la strângerea de date și o nouă revizuire a acestui standard.

Se consideră necesar ca și valorile rigidității să fie verificate prin încercări în laborator. În acest sens, se impun următoarele:

- elaborarea de către ASRO, în colaborare cu laboratoarele de specialitate, a unui program de experimentare pentru toate tipurile de mixturi asfaltice;
- stabilirea metodologiei de încercare în conformitate cu prevederile SR EN 12697-26 și cu cele ale normativului AND 542;
- definitivarea valorilor admisibile prevăzute în SR 174-1 și revizuirea acestuia.

Compactarea stratului bituminos se verifică pe carote, prin analize de laborator, pentru determinarea densității aparente și a absorbției de apă, care trebuie să se încadreze în limitele precizate în tabelul VII.3.23.

Caracteristicile straturilor îmbrăcăminte bituminoase

Tabelul VII.3.23.

Tipul mixturii asfaltice	Absorbția de apă % vol.	Grad de compactare %
Strat de uzură: - beton asfaltic, BA 8, BA 12,5, BA 16, BA 25; - beton asfaltic rugos BAR 16; - beton asfaltic cu pietriș concasat BA PC 16	2...5 4...7 2...5	min. 96
Strat de legătură: - beton asfaltic deschis, BAD 20, BAD 25, BAD PC 25, BAD PS 25	3...8	min. 96

3.3.5. Caracteristicile suprafeței îmbrăcăminte bituminoase

Caracteristicile suprafeței îmbrăcăminte bituminoase și condițiile tehnice care trebuie să fie îndeplinite sunt conform tabelului VII.3.24.

Determinarea acestor caracteristici se efectuează în termen de o lună de la execuția acestora, înainte de data recepției la terminarea lucrărilor.

Caracteristicile suprafeței îmbrăcăminte bituminoase

Tabelul VII.3.24.

Caracteristica	Clasa tehnică a drumului	Condiții de admisibilitate
Planeitatea în profil longitudinal: indicele de planeitate IRI, m/km	I – II	≤ 2,5
	III	≤ 3,5
	IV	≤ 4,5
	V	≤ 5,5
Uniformitatea în profil longitudinal: denivelări admisibile măsurate sub dreptarul de 3 m, mm	I	≤ 3,0
	II	≤ 4,0
	III – V	≤ 5,0
Rugozitatea: - rugozitatea cu pendulul SRT, unități SRT - rugozitatea geometrică, HS, mm	I – II	≥ 80
	III	≥ 70
	IV – V	≥ 60
	I – II	≥ 0,70
	III	≥ 0,60
	IV – V	≥ 0,55
Coeficientul de frecare cu aparatul Grip Tester , μGT	I – II	≥ 0,95
	III	≥ 0,70

Datele tehnice și tehnologia de execuție a straturilor îmbrăcăminte bituminoase cu bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur) sunt sintetizate în fișele tehnice nr. 1.1.1, 1.1.2. și 1.1.5. din anexa 4, pentru stratul de uzură și în fișele tehnice nr. 1.2.1, 1.2.3. și 1.2.4. din anexa 4 pentru stratul de legătură.

3.4. Îmbrăcăminți bituminoase din mixturi asfaltice cu bitum modificat

Mixturile asfaltice preparate cu bitum modificat sunt destinate executării îmbrăcăminților bituminoase cilindrate la cald, conform SR 174-1, pe drumuri de clasă tehnică I...III. Modificarea bitumului se face prin adaos de polimeri elastomeri termoplastici liniari și plastomeri.

Acest tip de îmbrăcămintă se aplică și la lucrări speciale, justificate din punct de vedere tehnic și economic, ca de exemplu: benzi cu circulația vehiculelor grele, locuri de parcare, zone de accelerări și decelerări frecvente.

Îmbrăcămintea bituminoasă cu bitum modificat cu polimeri se realizează de regulă din două straturi: strat de uzură și strat de legătură. Stratul de uzură se execută obligatoriu din mixtură asfaltică preparată cu bitum modificat cu polimeri; stratul de legătură se poate executa fie din mixtură asfaltică cu bitum pur (mixtură asfaltică tradițională), fie cu bitum modificat cu polimeri.

3.4.1. Tipuri de mixturi asfaltice cu bitum modificat cu polimeri

Tipurile de mixturi asfaltice cu bitum modificat cu polimeri sunt prezentate în tabelul VII.3.25.

Tipuri de mixturi asfaltice cu bitum modificat

Tabelul VII.3.25.

Tipul stratului bituminos	Tipul mixturii asfaltice	Dimensiunea maximă a agregatelor naturale mm	Clasa tehnică a drumului
Strat de uzură	Beton asfaltic bogat în criblură: - BA 12,5 m - BA 16 m	12,5 16	I – III
	Beton asfaltic rugos - BAR 16 m	16	
Strat de legătură	Beton asfaltic deschis cu criblură: - BAD 25 m	25	

3.4.2. Elemente geometrice

Grosimea straturilor îmbrăcămintei bituminoase realizate cu bitum modificat cu polimeri se stabilește prin calcul de dimensionare conform reglementărilor tehnice în vigoare. Grosimea minimă a stratului compactat este, conform SR 174-1, de 4,0 cm pentru stratul de uzură și de 5,0 cm pentru stratul de legătură.

Celelalte elemente geometrice, respectiv lățimea părții carosabile, profilul transversal și profilul longitudinal sunt conform celor prevăzute pentru îmbrăcămințile bituminoase cu bitum pur, prezentate în capitolul VII, pct. 3.3, tabelul VII.3.15.

3.4.3. Materiale

Agregatele naturale, filerul și bitumul modificat cu polimeri trebuie să îndeplinească condițiile tehnice precizate în capitolul VI.

Agregatele naturale care intră în compoziția mixturilor asfaltice variază în funcție de tipul mixturii asfaltice și de tipul stratului bituminos, conform tabelului VII.3.26.

Bitumul modificat cu polimeri (B_m) este conform SR EN 14023 clasele 3, 4, 5 și SR 174-1, pct. 2.1.3.3.

Dozajele de agregate naturale, filer și bitum modificat cu polimeri se stabilesc prin studii preliminare, astfel încât compoziția mixturilor asfaltice să se încadreze în limitele admisibile precizate în tabelul VII.3.17 pentru BA 12,5, BA 16 și BAR 16, în tabelul VII.3.18 pentru BAD 25, iar conținutul de bitum modificat să fie conform tabelului VII.3.27.

Sorturile de agregate naturale folosite

Tabelul VII.3.26.

Denumirea stratului	Agregatele naturale
	Sorturi
Strat de uzură	Agregate de carieră: 0-4, 4-8, 8-12,5
	Agregate de balastieră: nisip natural sort 0-4 Filer
Strat de legătură	Agregate de carieră: 0-4, 4-8, 8-16, 16-25
	Agregate de balastieră: nisip natural sort 0-4 Filer

Dozajul de bitum modificat

Tabelul VII.3.27.

Tipul mixturii asfaltice	Dozajul de bitum, % în mixtura asfaltică	Clasa tehnică a drumului
Stratul de uzură: - BA 12,5 m - BA 16 m - BAR 16 m	6,0...7,3 6,0...7,3 5,7...6,2	I - III
Stratul de legătură: - BAD 25 m	4,0...5,0	I - III

3.4.4. Caracteristicile îmbrăcămintei bituminoase cu bitum modificat cu polimeri

În cazul mixturilor asfaltice preparate cu bitum modificat, caracteristicile fizico-mecanice impuse de SR 174-1 se referă la:

- caracteristici pe epruvete Marshall, pentru stabilirea compoziției optime a mixturilor asfaltice;
- caracteristici determinate prin încercări dinamice pentru stabilirea comportării în exploatare:
 - rezistența la deformare permanentă (încercarea la compresiune ciclică triaxială, determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c și încercarea la ornieraj, determinată conform SR EN 12697-22, dispozitiv mic în aer, procedeul B, pe placă (carotă);
 - rezistența la oboseală, determinată pe epruvete cilindrice, conform SR EN 12697-24, anexa E;
 - modulul de rigiditate, determinat pe epruvete cilindrice, conform SR EN 12697-26, anexa C;
 - volumul de goluri al mixturii asfaltice compactate, determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.

Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice preparate cu bitum modificat trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute de SR 174-1, precizate în tabelele VII.3.28 și VII.3.29.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul VII.3.28.

Tipul stratului bituminos	Tipul mixturii asfaltice	Caracteristici			
		Stabilitate la 60 °C (CS), kN	Indice de curgere (I), mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol.
Strat de uzură	BA 12,5 m	min. 10,0	2,0...5,0	min. 2350	2...5
	BA 16 m	min. 10,0	2,0...5,0	min. 2350	2...5
	BAR 16 m	min. 10,0	2,0...5,0	min. 2350	2...5
Strat de legătură	BAD 25 m	min. 8,0	2,0...4,5	min. 2300	2...5

Caracteristici fizico – mecanice determinate prin încercări dinamice

Tabelul VII.3.29.

Caracteristica	Strat de uzură		Strat de legătură
	Tipuri de mixturi asfaltice		
	BA 12,5 m BA 16 m	BAR 16 m	BAD 25 m
Caracteristici pe cilindri confecționați cu presa giratorie: - volum de goluri la 80 rotații, % - volum de goluri la 120 rotații, %	max. 5,0 -	max. 5,0 -	- max. 9,5
Rezistența la deformări permanente: - deformarea la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteza de deformare la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu - deformarea la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteza de deformare la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu	max. 25000 max. 2,5 - -	max. 25000 max. 2,0 - -	- - max. 20000 max. 2,0
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4500	min. 4500	min. 4000
Rezistența la oboseală: numărul de cicluri până la fisurare, la 15 °C	-	-	min. 400000
Caracteristici pe plăci (compactator cu placă) sau pe carote din îmbrăcăminte: rezistența la deformări permanente la 60 °C (ornieraj): - viteza de deformare la ornieraj, mm/1000 cicluri Număr mediu de vehicule** 1500...3000 3000...6000 > 6000 - adâncimea făgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm Număr mediu de vehicule** 1500 – 3000 3000 – 6000 > 6000	max. 1 max. 0,9 max. 0,7 max. 9 max. 8 max. 7	max. 0,9 max. 0,8 max. 0,5 max. 9 max. 7 max. 6	- - - - - -

**vehiculele de transport marfă și autobuze, în 24 ore, calculate pentru traficul de perspectivă.

3.4.5. Caracteristicile straturilor îmbrăcămintei bituminoase executate

Compactarea stratului bituminos, după execuție, este verificată pe carote prelevate din stratul executat, prin determinarea gradului de compactare, a densității aparente și a absorbției de apă. Limitele de admisibilitate sunt precizate în tabelul VII.3.30.

Caracteristici de compactare

Tabelul VII.3.30.

Tipul mixturii asfaltice	Absorbție de apă, % vol.	Grad de compactare, %
Strat de uzură. Beton asfaltic: - BA 12,5 m - BA 16 m Beton asfaltic rugos: - BAR 16 m	2...5 2...5 4...7	min. 96 min. 96 min. 96
Strat de legătură. Beton asfaltic deschis cu criblură: - BAD 25 m	3...8	min. 96

3.4.6. Caracteristicile suprafeței îmbrăcămintei bituminoase

Caracteristicile îmbrăcămintei bituminoase realizate din mixturi asfaltice cu bitum modificat și condițiile tehnice respective sunt conform celor prevăzute pentru îmbrăcămintele asfaltice cu bitum pur, prezentate în tabelul VII. 3.24.

Datele tehnice și tehnologia de execuție referitoare la mixturile asfaltice preparate cu bitum modificat sunt sistetizate în fișele tehnice nr.1.1.3. din anexa 4 pentru stratul de uzură și în fișa tehnică nr. 1.2.2. din anexa 4 pentru stratul de legătură.

3.5. Îmbrăcăminți bituminoase din mixturi asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză

Mixturile asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză se aplică de regulă la executarea stratului de uzură, pe drumuri de clasă tehnică I...III, conform SR 174-1.

Aceste mixturi asfaltice se caracterizează prin conținut mare de agregate naturale concasate (45... 75 %), filer (8...10 %) și de bitum (6,2...7,0%), comparativ cu betonul asfaltic bogat în criblură tip BA 16.

Prezența fibrelor de celuloză în mixtura asfaltică conferă acesteia următoarele proprietăți:

- stabilitate la solicitări mecanice și termice;
- flexibilitate și elasticitate la temperaturi scăzute;
- rezistență la deformații permanente la temperaturi ridicate.

3.5.1. Tipuri de mixturi asfaltice stabilizate cu fibre

Tipurile de mixturi asfaltice stabilizate cu fibre (simbol MASF) se diferențiază în funcție de granulozitate și de dimensiunea maximă a granulelor agregatelor naturale:

- MASF 8: dimensiunea maximă a granulei 8 mm;
- MASF 12,5: dimensiunea maximă a granulei 12,5 mm;
- MASF 16: dimensiunea maximă a granulei 16 mm.

Condițiile tehnice pentru îmbrăcămințile bituminoase realizate din mixturi asfaltice stabilizate cu fibre sunt date în SR 174-1.

3.5.2. Elemente geometrice

Grosimea minimă constructivă a stratului de uzură din mixtură asfaltică stabilizată cu fibre este de 3,5 cm pentru tipurile MASF 12,5 și MASF 16 și de 3,0 cm pentru tipul MASF 8.

Celelalte elemente geometrice, respectiv lățimea părții carosabile, profilul transversal și profilul longitudinal sunt conform celor prevăzute pentru îmbrăcămințile bituminoase cu bitum pur, prezentate în capitolul VII, pct. 3.3, tabelul VII.3.15.

3.5.3. Materiale

Agregatele naturale, filerul și bitumul trebuie să îndeplinească condițiile de calitate din capitolul VI. În compoziția mixturilor asfaltice stabilizate cu fibre se utilizează numai agregate naturale de carieră, conform tabelului VII.3.31.

Agregate naturale utilizate la mixturile asfaltice cu fibre

Tabelul VII.3.31.

Tipul mixturii asfaltice	Agregatele naturale
MASF 8	Criblură sort 4-8 Nisip de concasare sort 0-4 Filer
MASF 12,5 MASF 16	Criblură sorturi 4-8 și 8-16 Nisip de concasare sort 0-4 Filer

Ca lianți se folosesc bitumuri pure tip D 60/80 și 50/70 sau bitumuri modificate, cu penetrația de maxim 70 1/10 mm.

Fibrele utilizate ca adaos la prepararea mixturilor asfaltice sunt de natură organică (celuloză). Ele trebuie să se disperseze ușor și uniform în mixtura asfaltică. În acest scop se

recomandă ca acestea să fie livrate sub formă de granule tratate cu bitum dur. Fibrele trebuie să fie agrementate tehnic, conform reglementărilor în vigoare.

Dozajele de agregate naturale, filer, bitum și fibre se stabilesc prin studii preliminare, astfel încât compoziția mixturilor asfaltice să se încadreze în limitele admisibile din tabelul VII.3.32.

Zona de granulozitate a mixturilor asfaltice cu fibre

Tabelul VII.3.32.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin site cu ochiuri pătrate de...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,2	0,125	0,1	0,063
MASF 8	-	100	-	90...100	40...55	20...30	15...22	13...20	12...16	-	1...14	10...12
MASF 12,5	-	100	90...100	50...70	27...40	20...28	16...22	-	-	9...14	-	8...12
MASF 16	100	90...100	-	44...59	25...37	17...25	16...22	13...20	11...15	-	10...14	9...12

Dozajul de bitum variază în funcție de tipul mixturii asfaltice MASF. Conținutul minim de bitum, conform SR 174-1, este de 7,0 % pentru MASF 8, 6,5 % pentru MASF 12,5 și 6,2 % pentru MASF 16.

Conținutul de fibre este de 0,3...1,0% din masa mixturii asfaltice. Dozajul optim de fibre se stabilește prin efectuarea testului Schellenberg, conform SR EN 12697-18.

3.5.4. Caracteristicile îmbrăcămintei bituminoase din mixtură asfaltică stabilizată cu fibre

Mixturile asfaltice stabilizate cu fibre nu pot fi caracterizate prin încercările tradiționale (pe epruvete Marshall), care se fac pe mixturile asfaltice cu bitum pur.

Pentru stabilirea compoziției optime, caracteristicile care se verifică sunt:

- procentul de material pe care îl pierde mixtura asfaltică la temperatura de $170^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, care se stabilește prin testul Schellenberg;
- volumul de goluri determinat pe cilindri Marshall (conform SR EN 12697-8);
- rezistența la deformății permanente (SR EN 12697-25, metoda B pct. 5.2.c);
- modulul de rigiditate (SR EN 12697-26, anexa C);
- rezistența la oboseală (SR EN 12697-24, anexa E).

Caracteristicile fizico-mecanice trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în tabelul VII.3.33.

Caracteristici fizico-mecanice

Tabelul VII.3.33.

Caracteristica	Tipul mixturii asfaltice	
	MASF 8	MASF 12,5, MASF 16
Volum de goluri pe cilindri Marshall, %	2,5...3,5	3...4
Test Schellenberg, %	max. 0,2	max. 0,2
Rezistența la deformății permanente*(fluaj dinamic): - deformăția la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm ; - viteza de defomație la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, $\mu\text{m}/\text{ciclu}$	max. 30000 max. 3	max. 30000 max. 3
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4000	min. 4500
Deformăția la oboseală la 15 °C și 3600 impulsuri, mm	max. 1,2	max. 1,0
Rezistența la deformății permanente la 60 °C* (ornieraj): - viteza de deformăție la ornieraj, mm/1000 cicluri, în funcție de numărul mediu de vehicule**: 1500...3000 3000...6000 > 6000 - adâncimea făgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm, în funcție de numărul mediu de vehicule**: 1500...3000 3000... 6000 > 6000	max. 1,0 max. 0,9 max. 0,8 max. 9 max. 9 max. 8	max. 0,9 max. 0,7 max. 0,6 max. 9 max. 8 max. 7

*valori informative timp de doi ani de la revizuirea SR 174-1, până la strângerea de date;

**vehiculele de transport marfă și autobuze în 24 ore, pentru traficul de perspectivă.

3.5.5 Caracteristicile straturilor bituminoase executate

Compactarea stratului de uzură, după execuție, este verificată pe carote prelevate din stratul butuminos executat, prin determinarea gradului de compactare, a densității aparente și a absorbției de apă. Valorile impuse de SR 174-1, pentru cele trei tipuri de mixturi asfaltice cu fibre sunt următoarele:

- grad de compactare: min. 97 %;
- densitate aparentă: min. 2300 kg/m³;
- absorbție de apă: 2...6 % vol.

3.5.6 Caracteristicile suprafeței îmbrăcăminte bituminoase

Caracteristicile suprafeței îmbrăcăminte bituminoase realizate din mixturi asfaltice cu fibre și condițiile tehnice respective sunt conform celor prevăzute pentru îmbrăcămintele bituminoase cu bitum pur, prezentate în tabelul VII.3.24.

Datele tehnice și tehnologia de execuție referitoare la mixturile asfaltice preparate cu fibre sunt sistematizate în fișa tehnică nr. 1.1.4. din anexa 4.

3.6 Straturi bituminoase din mixturi asfaltice speciale

În ultimii 15 ani, literatura tehnică de specialitate din țara noastră s-a îmbogățit prin apariția unor prescripții tehnice referitoare la unele tipuri de mixturi asfaltice concepute în scopul îmbunătățirii comportării în exploatare a structurilor rutiere suple și semirigide, prin întârzierea sau prevenirea apariției unor degradări specifice. Elaborate pe baza unor studii de laborator și de urmărire în exploatare a unor sectoare experimentale, deși în unele cazuri ele nu fac obiectul ghidului, s-a considerat util să fie grupate sub denumirea mixturi asfaltice speciale și să fie prezentate în mod succint.

Mixturile asfaltice speciale se utilizează în următoarele scopuri:

- creșterea rezistenței la orniaraj a îmbrăcăminte asfaltice, deci prevenirea formării fâgașelor, prin utilizarea **mixturii asfaltice antifăgaș** în stratul de uzură, în conformitate cu prevederile instrucțiunilor tehnice indicativ AND 570;
- împiedicarea sau cel puțin încetinirea fisurării reflective a îmbrăcăminte bituminoase, prin prevederea unui strat antifisură și anume, un strat intermediar între stratul din materiale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici sau între îmbrăcămintea existentă din beton de ciment și îmbrăcămintea bituminoasă, alcătuit din:
 - **mixturi asfaltice cu volum ridicat de goluri**, în conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 560;
 - **mortar asfaltic**, în conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 559;
- reutilizarea materialelor din îmbrăcămintea bituminoasă existentă pe drumuri cu stare tehnică necorespunzătoare, prin utilizarea următoarelor tehnologii:
 - reciclare la rece, în conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 532;
 - reciclare "in situ" cu bitum spumat, în conformitate cu prevederile agreementului tehnic 005 – 07/163 – 2007;
- întreținerea curentă a îmbrăcămintelor bituminoase sau a celor din beton de ciment, cu straturi bituminoase foarte subțiri realizate la rece cu emulsie bituminoasă, în conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 523.

3.6.1. Mixturi asfaltice antifăgaș

Mixturile asfaltice antifăgaș sunt caracterizate prin schelet mineral puternic, absența nisipului natural și conținut scăzut de bitum. Ele sunt de tip beton asfaltic, realizat din amestec bogat de cribluri și pietriș concasat, cu sau fără adaos de var hidratat (sub formă de praf).

Mixturile asfaltice antifăgaș sunt utilizate în strat de uzură pe drumuri de clasă tehnică II–IV.

Bitumul folosit la prepararea acestor mixturi asfaltice este bitumul neparafinos pentru drumuri tip D 60/80 pentru zona climaterică rece și tip D 40/60 pentru zona climaterică caldă.

Compoziția mixturilor asfaltice antifăgaș și caracteristicile fizico-mecanice sunt prezentate în tabelele VII.3.34 și VII.3.35.

Compoziția mixturii asfaltice antifăgaș

Tabelul VII.3.34.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin site cu ochiuri pătrate de... mm, %									Conținut de bitum, % în mixtura asfaltică
	20	16	8	4	2	1	0,63	0,2	0,09	
Mixtură asfaltică antifăgaș	100	95...100	65...90	40...65	25...45	15...35	10...30	7...25	5...12	5,7...6,0

Caracteristici fizico-mecanice

Tabelul VII.3.35.

Caracteristica	Limite de admisibilitate
Incerări pe epruvete Marshall:	
- stabilitate la 60 °C (S), kN	min. 6,0
- indice de curgere la 60 °C (I), mm	1,5...4,5
- raport S/I, kN/mm	2,0...4,0
- densitate aparentă, kg/m ³	min. 2250
- absorbția de apă, % vol.	2...5
Rata de ornieraj pe carote Φ 200 mm	In curs de determinare
Grosimea stratului, cm	min. 4,0

3.6.2. Mixturi asfaltice antifisură

Mixturile asfaltice antifisură se folosesc pentru realizarea unui strat intermediar între suportul rigid (îmbrăcăminte din beton de ciment, strat de bază din materiale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici) și noua îmbrăcăminte bituminoasă, în scopul încetinerii procesului de transmitere a fisurilor în stratul de uzură.

Normativele tehnice în vigoare se referă la două tipuri de mixturi asfaltice antifisură:

- mixturi asfaltice cu volum ridicat de goluri (peste 20 %), respectiv cu structură foarte deschisă;

- mortar asfaltic cu conținut ridicat de parte fină (10 – 15 %) și de bitum (8,5 – 9,5 %).

Straturile antifisură nu măresc capacitatea portantă a structurii rutiere.

Stratul antifisură din mixtură asfaltică cu volum ridicat de goluri se aplică pe drumurile de clasă tehnică II – V, cu capacitate portantă corespunzătoare.

Stratul antifisură din mortar asfaltic se poate aplica de regulă pe drumuri de orice categorie, cu condiția ca în cazul drumurilor de clasă tehnică I și II, mortarul asfaltic să fie realizat în mod obligatoriu cu bitum modificat cu polimeri sau adaos de fibre.

Grosimea stratului antifisură este de 8 – 10 cm în cazul mixturii asfaltice cu volum ridicat de goluri și de 2,0 – 2,5 cm în cazul mortarului asfaltic.

Compoziția mixturilor asfaltice antifisură este prezentată în tabelul VII.3.36.

Compoziția mixturilor asfaltice antifisură

Tabelul VII.3.36.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin site și ciururi de...mm %							Conținut de bitum, % în mixtura asfaltică
	25	16	8	3,15	0,63	0,2	0,09	
Mixtură asfaltică cu conținut ridicat de goluri	90...100	35...45	10...25	6...10	3...7	2...5	0...3	2,2...2,3
Mortar asfaltic antifisură	-	100	90...100	40...90	18...50	11...25	10...15	8,5...9,5

Bitumurile folosite la prepararea mixturilor asfaltice antifisură sunt conform tabelului VII.3.37.

Tipuri de bitum pentru mixturi asfaltice antifisură

Tabelul VII.3.37.

Tipul mixturii asfaltice	Zona climaterică caldă	Zona climaterică rece
Mixtură asfaltică cu volum ridicat de goluri	tip D 80/100	tip D 100/120
Mortar asfaltic antifisură	tip D 60/80	tip D 80/100

Caracteristicile fizico-mecanice ale mortarului asfaltic antifisură sunt redate în tabelul VII.3.38. Pentru mixtura asfaltică cu volum ridicat de goluri sunt stabilite condiții tehnice numai pentru compoziția acesteia, metodele de laborator folosite pentru stabilirea compoziției optime a mixturilor asfaltice tradiționale fiind neadekvate pentru un tip de mixtură asfaltică cu structură foarte deschisă.

Caracteristici fizico-mecanice ale mortarului asfaltic antifisură

Tabelul VII.3.38.

Caracteristica	Limite de admisibilitate
Incerări pe epruvete Marshall: - stabilitate la 60 °C (S), kN - indice de curgere la 60 °C (I), mm - densitate aparentă, kg/m ³ - absorbția de apă, % vol.	min. 6,0 1,5...4,5 min. 2200 2...6
Incerări pe epruvete cubice: - densitate aparentă, kg/m ³ - absorbție de apă, % vol. - rezistența la compresiune la 22 °C, N/mm ² - rezistența la compresiune la 50 °C, N/mm ²	min. 2150 2...7 min. 2,5 min. 0,5
Caracteristici pe carote prelevate din îmbrăcăminte: - densitate aparentă, kg/m ³ - absorbție de apă, % vol. - grad de compactare, %	min. 2150 2...7 min. 96

3.6.3. Mixturi asfaltice pe bază de emulsie bituminoasă cationică

În ultimii ani s-au aplicat următoarele tehnologii pe bază de emulsii bituminoase cationice cu rupere lentă:

- tehnologia de reciclare la rece a îmbrăcămintelor bituminoase, destinată ranforsării, întreținerii și consolidării structurilor rutiere cu o stare tehnică necorespunzătoare și se aplică pe drumuri de clasă tehnică II – V;
- tehnologia de realizare a straturilor bituminoase foarte subțiri (5 – 15 mm), destinate întreținerii curente a îmbrăcămintelor bituminoase și a celor din beton de ciment pe drumuri de clasă tehnică II – V.

Reciclarea la rece constă în utilizarea integrală a materialului rezultat din frezarea îmbrăcămintei bituminoase existente, adăugarea de emulsie bituminoasă cationică și de agregate naturale și punerea în operă cu ajutorul unui utilaj specific de reciclare.

Emulsia bituminoasă cationică poate fi preparată cu bitum pur sau cu bitum modificat cu polimeri și trebuie să îndeplinească condițiile tehnice din capitolul VI.

Stratul bituminos rezultat din această tehnologie este utilizat ca strat de legătură.

În funcție de volumul traficului, acest strat bituminos trebuie să fie acoperit cu unul din următoarele procedee:

- tratament bituminos;
- straturi bituminoase foarte subțiri, realizate la rece cu emulsie bituminoasă;
- strat de uzură;
- ranforsarea structurii rutiere în funcție de capacitatea portantă necesară a acesteia.

Compoziția și caracteristicile mixturii asfaltice rezultată prin tehnologia de reciclare sunt conform SR 174-1 pentru stratul de legătură.

Straturile bituminoase foarte subțiri se realizează din agregate de carieră (cribluri sort 3-8 și 8-11, nisip de concasaj), emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri și adaos de filer și ciment.

Criblurile trebuie să provină din roci de clasă minim B, conform SR 667 și să ateste o rezistență mare la șlefuire (uzura cu mașina Los Angeles de maximum 20 %).

Tipurile de mixturi asfaltice pentru stratul bituminos foarte subțire și compoziția acestora în funcție de dimensiunea maximă a granulei și de domeniul lor de utilizare sunt prezentate în tabelul VII.3.39.

Compoziția mixturilor asfaltice pentru stratul bituminos foarte subțire

Tabelul VII.3.39.

Compoziția	Strat de reprofilare		Strat de rulare tip 0/11
	tip 0/3	tip 0/8	
Compoziția granulometrică.			
Treceri prin ciururi și site de ...mm:			
- ciur de 11 mm, %	-	100	90...100
- ciur de 8 mm, %	-	90...100	70...90
- ciur de 3,15 mm, %	90...100	40...70	35...60
- sită de 0,63 mm, %	20...50	12...40	19...34
- sită de 0,09 mm, %	6...16	6...14	5...15
Conținut de bitum rezidual, față de agregate naturale în stare uscată, %	7,0...9,0	5,5...8,0	6,0...7,5

Compoziția emulsiei și a mixturii asfaltice se stabilește prin încercări de laborator, pe baza materialelor care urmează să fie puse în operă, avându-se în vedere următoarele condiții:

- începutul prizei să nu se producă înainte de un minut de la adăugarea emulsiei, dar nu mai târziu de trei minute;
- amestecul să fie fluid și omogen;
- amestecul așternut în strat subțire să elimine apa limpede în decurs de 15...20 minute.

Prepararea mixturii asfaltice și punerea acesteia în operă se realizează cu utilaj specific în flux continuu.

Verificarea calității lucrărilor se realizează în conformitate cu standardele europene preluate ca standarde naționale (SR EN 12274-3, SR EN 12274-7).

3.6.4 Mixtură asfaltică cu bitum spumat

Tehnologia de reciclare "in situ" a straturilor din mixtură asfaltică degradate cu bitum spumat a început să fie aplicată pe scară largă în Europa, datorită avantajelor certe de ordin economic și ecologic. Utilizarea ei și în țara noastră, a determinat introducerea acestei tehnologii în mod succint în ghid. Această tehnologie este specifică echipamentului Wirtgen WR 4200. Ea nu poate fi încadrată cu claritate în categoria de reciclare "la rece" sau de reciclare "la cald". Tehnologia de reciclare constă din frezarea straturilor din mixtură asfaltică degradate, introducerea materialului frezat într-un malaxor, unde este omogenizat împreună cu o suspensie de ciment în apă și injectarea peste amestec a bitumului spumat. Materialul astfel obținut este așternut și precompactat cu ajutorul unei grinzi finisoare.

Bitumul spumat este obținut cu ajutorul instalației Wirtgen WLB 10, prevăzută cu o cameră de expansiune, în interiorul căreia se injectează bitum fierbinte la temperatura de 165 -

180 °C și apă. La ieșirea din camera de injecție, bitumul expandează, mărindu-și volumul de aproximativ 15 ori.

Adâncimea de frezare poate varia între 6 cm și 30 cm. Stratul rutier obținut prin acest procedeu poate fi asimilat cu un strat de bază din mixtură asfaltică tip AB2 conform SR 7970, pentru drumuri de clasă tehnică II... V.

Produsul obținut prin aplicarea acestui procedeu are următoarea compoziție:

- material granular obținut prin frezare, eventual cu aport de agregate naturale și parte fină, astfel ca granulozitatea să se încadreze în domeniul din tabelul VII. 3.40;

- 1,5...5,0 % bitum spumat;

- 1,5...2,5 % ciment.

Granulozitatea materialului granular

Tabelul VII.3.40.

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin site cu ochiuri pătrate de... mm								
	%								
	31,5	25	16	8	4	1	0,63	0,2	0,09
Mixtură asfaltică cu bitum spumat	100	85...100	68...93	50...73	36...57	18...36	14...31	8...22	6...18

Față de condițiile impuse unei mixturi asfaltice pentru strat de bază tip AB2, filerul se înlocuiește cu ciment în proporție de 1,5...2,5 % din masa materialului reciclat. Prezența cimentului accelerează procesul de maturare al materialului prin fixarea apei în sistem.

Bitumul utilizat este tip D 60/80 pentru zona climatică caldă și tip D 80/100 pentru zona climatică rece. Bitumurile românești prezintă bune proprietăți de spumare. Parametrii care caracterizează calitatea bitumului spumat și care permit selectarea bitumului utilizat sunt:

- rata de expansiune (ER_m) cu valori uzuale de 15...20;

- timpul de înjumătățire (T_½) cu valori uzuale de 5...10 s.

Utilizarea bitumului sub formă de spumă face ca această tehnologie să nu fie sensibilă la caracterul bazic sau acid al agregatelor naturale. Din această cauză, condițiile de adezivitate impuse pentru adezivitatea bitumului la agregate nu sunt necesare.

Spre deosebire de o mixtură asfaltică, amestecului trebuie să i se asigure umiditatea optimă de compactare. Adăosul de apă în material, considerând atât umiditatea existentă în strat, aportul de apă de la frezare și apa din suspensia de ciment se calculează astfel, încât umiditatea optimă la compactare să satisfacă relația:

$$W_{opt.} = 0,7 \times W_{opt. PM} - 0,6$$

în care $W_{opt. PM}$ este umiditatea optimă de compactare determinată prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13 pe materialul granular rezultat în urma frezării. Apa introdusă în bitum prin procesul de spumare (aproximativ 8 % raportată la masa de bitum) nu se ia în considerare, întrucât la o spumare optimă a bitumului, această apă se vaporizează în mare parte.

Pentru compactarea stratului, se folosesc cilindri compactori de 10 – 20 tone, iar numărul de treceri se stabilește pe un sector experimental, astfel încât să se asigure gradul de compactare de:

- min. 100% în cel puțin 95% din numărul punctelor de măsurare și min. 98% în toate punctele de măsurare, pentru drumuri de clasă tehnică II și III;

- min. 98% în cel puțin 95% din numărul punctelor de măsurare și min. 95% în toate punctele de măsurare, pentru drumuri de clasă tehnică IV și V.

Acoperirea stratului reciclat se face după ce conținutul de apă a scăzut cu 40...50% față de valoarea umidității optime de compactare. La o scădere a umidității cu 50%, materialul ajunge la o rezistență mecanică de circa 75% din valoarea atinsă la maturare.

Caracteristicile fizico-mecanice pentru epruvetele obținute în laborator prin compactare la presa giratorie trebuie să îndeplinească condițiile din tabelul VII. 3.41. Compactarea se efectuează la 288 rotații și o forță de 600 MPa, pentru a fi simulată atât compactarea din faza de execuție, cât și cea datorată traficului.

Condițiile impuse materialului reciclat pentru încadrare în AB2

Tabelul VII.3.41.

Caracteristici	Clasa tehnică	Tip bitum	Valori admisibile
Stabilitate la 60 °C, kN	II – III	D 60/80	min. 5,5
	IV – V		min. 5,0
	II – III	D 80/100	min. 5,0
	IV – V		min. 4,5
Indice de curgere, mm	II – III	D 60/80	1,5...3,5
	IV – V		1,5...4,0
	II – III	D 80/100	1,5...4,0
	IV – V		1,5...4,5
Densitatea aparentă, Kg/m ³	II – V	D 60/80, D 80/100	min. 2200
Absorbție de apă, % vol.	II- V	D 60/80, D 80/100	4...12

Utilizarea acestei tehnologii implică atât stabilirea în laborator a rețetei optime a amestecului de către un laborator de specialitate, cât și urmărirea pe parcursul execuției stratului, a curbei de granulozitate, a conținutului de bitum și a umidității optime de compactare.

3.7. Performanțe mecanice pentru dimensionare

Proprietățile mecanice ale mixturilor asfaltice depind de compoziția acestora și de caracteristicile individuale ale materialelor componente.

În funcție de scopul determinărilor, proprietățile mecanice pot fi grupate astfel:

- caracteristici necesare stabilirii compoziției optime a mixturii asfaltice (conform SR 174-1);
- proprietăți mecanice pentru dimensionarea structurilor rutiere (pe baza metodelor analitice);
- proprietăți pentru evaluarea comportării în exploatare a straturilor bituminoase.

Față de dependența proprietăților mecanice ale mixturilor asfaltice de cele ale bitumului, se consideră necesar ca în SR 174-1 caracteristicile mecanice să fie diversificate în funcție de tipul bitumului folosit.

Pentru dimensionarea structurilor rutiere suple și semirigide, se determină următoarele caracteristici:

- modulul complex, constituit din două componente:
 - modulul de rigiditate (S_m);
 - unghiul de fază (ϕ).
- coeficientul lui Poisson.

3.7.1. Modulul de rigiditate

Modulul de rigiditate al mixturii asfaltice depinde de:

- modulul de rigiditate al bitumului (S_b);
- temperatura;
- durata solicitării;
- compoziția mixturii asfaltice (volumul de goli).

Modulul de rigiditate al mixturii asfaltice se poate determina prin încercări dinamice sau prin calcul.

Pentru evaluarea proprietăților de elasticitate ale mixturii asfaltice prin încercări dinamice, pe plan internațional se folosesc diferite metode de încercare (încovoiere, compresiune sau întindere indirectă), condițiile de testare (echipamente, tipuri de epruvete, temperatură, frecvență), variind de la o țară la alta.

Cercetările interlaboratoare din ultimii ani, coordonate de către Comitetul Tehnic RILEM 152-PBM au evidențiat progresele înregistrate până în prezent, dar și necesitatea continuării experimentărilor în vederea perfecționării echipamentelor și micșorării erorilor de determinare, valorile modulului de rigiditate variind în funcție de modul de testare, condițiile de încercare și de

geometria epruvetei. Urmare acestor experimentări a fost elaborat standardul european EN 12697-26 "Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 26. Stiffness" preluat în anul 2006 ca standard român SR EN 12697-26 "Mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 26: Rigiditate" care prevede următoarele tipuri de încercări:

- încercarea la încovoiere în două puncte pe epruvete trapezoidale (2PB-TR) sau pe epruvete prismatice (2PB-PR);
- încercarea la încovoiere în trei puncte pe epruvete prismatice (3PB-PR) și în patru puncte pe epruvete prismatice (4PB-PR);
- încercarea la întindere indirectă pe epruvete cilindrice (IT-CY);
- încercarea la întindere directă pe epruvete cilindrice (DT-CY) sau pe epruvete prismatice (DT-PR).

În SR 174-1 sunt date valorile minime pe care trebuie să le îndeplinească modulii de rigiditate ai mixturilor asfaltice cu bitum pur și cu bitum modificat, metoda de determinare fiind prin încercare la întindere indirectă la temperatura de 15 °C pe epruvete cilindrice (IT-CY).

Modulul de rigiditate (S_m) al mixturilor asfaltice poate fi determinat și prin calcul, cu ajutorul următoarelor relații:

$$S_m = S_b \left(1 + \frac{2,5}{n} x \frac{C_v}{1 - C_v} \right)^n \quad (\text{MPa}) \quad (\text{VII.3.1.})$$

în care: - S_b – modulul de rigiditate al bitumului, în MPa

- C_v – concentrația volumică a agregatelor naturale care se determină cu relația:

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} \quad (\text{VII.3.2.})$$

în care V_g – volumul agregatelor naturale, în %;

V_b – volumul bitumului, în %;

n – coeficient care se calculează cu relația:

$$n = 0,831 \lg_{10} \frac{4 \times 10^4}{S_b} \quad (\text{VII.3.3.})$$

Relația VII.3.1. se folosește pentru mixturile asfaltice cu volum de goluri sub 3%. Pentru mixturile asfaltice cu volum de goluri peste 3%, în relație intervine concentrația volumică corectată a amestecului natural C_v , care se calculează cu relația următoare:

$$C_v' = \frac{100 C_v}{100 + V - 3} \quad (\text{VII.3.4.})$$

în care V este volumul real de goluri al mixturii asfaltice, în %.

Pentru majoritatea bitumurilor (pure sau modificate) modulul de rigiditate la temperaturi scăzute, unde comportarea este elastică, are valori situate în limitele 2000...3000 MPa. La temperaturi ridicate, componenta vâscoasă este predominantă, iar valorile modulului de rigiditate al bitumului variază în limite largi, variația fiind cu atât mai mare cu cât această componentă este mai puternică.

În cazul bitumurilor pure, modulul de rigiditate poate fi evaluat, în limite largi de temperatură și de frecvență, prin folosirea nomogramei Van der Poel.

Parametrii necesari pentru folosirea acestei nomograme sunt următorii:

- caracteristicile bitumului, și anume:

- penetrația la 25°C (Pen_{25}), în 1/10 mm;
- punctul de înmuiere IB (T_{IB}), în °C;
- indicele de penetrație IP, care se poate calcula cu relația:

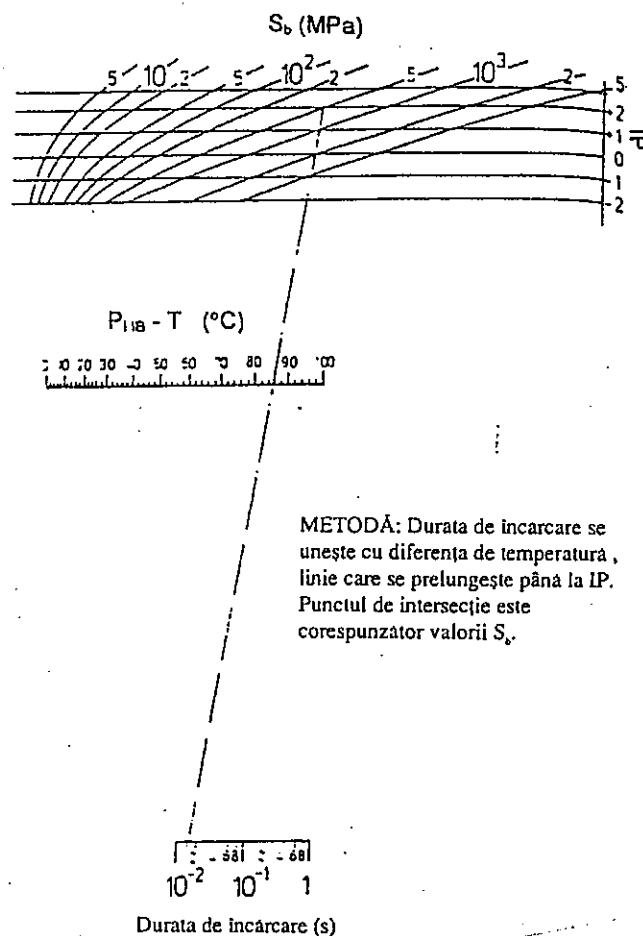
$$IP = \frac{\log 800 - \log Pen_{25}}{T_{IB} - 25^\circ C} \quad (VII.3.5.)$$

- durata de încărcare (sec.): 1 / viteza de circulație a vehiculului (km/oră).

Pentru unele situații tipice, pot fi luate în considerație următoarele durate de încărcare:

- trafic rutier rapid: 0,01...0,1 sec.;
- trafic în zone de frânare și de accelerare: 0,1...1,0 sec.;
- vehicule parcate: 1,0 min. – 10 ore.

O versiune simplificată a acestei nomograme, adecvată condițiilor de dimensionare a structurilor rutiere este dată în figura VII.7.



Modulul de rigiditate al bitumului se stabilește cu această nomogramă pentru temperatura la care are loc solicitarea și un timp definit al duratei de încărcare.

Acest procedeu este considerat, pe plan internațional, suficient de corect în cazul dimensionării straturilor bituminoase realizate cu bitumuri pure, preparate în rafinării, conform tehnologiilor tradiționale. În cazul bitumurilor modificate sau a celor obținute prin alte procedee tehnologice, trebuie să se utilizeze alte metode de determinare sau să se măsoare direct prin metode reometrice, luând în considerație temperaturile și durata de încărcare, conform condițiilor reale de exploatare ale structurii rutiere.

Pentru valori ridicate ale rigidității bitumului, mixtura asfaltică este predominant elastică și rigiditatea ei (S_{me}) depinde de compoziție, reprezentată prin VMA (suma volumului procentual de bitum și a volumului procentual de goluri din mixtura asfaltică), și de modulul de rigiditate al liantului (S_b).

Pentru valori reduse ale S_b , comportarea mixturii asfaltice devine vâscoasă, implicând utilizarea unor parametri adiționali în aprecierea rigidității în acest domeniu (S_{mv}).

În cazul în care valorile VMA sunt cuprinse în limitele 12...30%, iar rigiditatea bitumului este mai mare de 5 MPa, rigiditatea elastică a mixturii asfaltice se poate determina cu ajutorul relației:

$$S_{me} = S_b [1 + \{(257,5 - 2,5VMA) / n(VMA - 3)\}]^n \quad (\text{MPa}) \quad (\text{VII.3.6.})$$

în care n se calculează cu relația VII.3.3.

3.7.2. Unghiul de fază

Acest component al modulului complex este influențat de comportarea bitumului în domeniul plastic și deci, poate fi un parametru de care depinde rezistența la deformații a mixturii asfaltice.

Cercetările efectuate în ultimii ani pe plan internațional au arătat că unghiul de fază nu poate fi calculat pe baza nomogramei Van der Poel. El se poate obține prin măsurări dinamice reometrice.

Un astfel de aparat este Reometrul cu forfecare dinamică (Rheometer Dynamic Shear – DSR) utilizat în cadrul metodelor SHRP pentru determinarea proprietăților reologice ale biturilor pure și a biturilor modificate cu polimeri.

Principiul metodei constă în aplicarea unei forțe oscilatorii de forfecare asupra unei probe de bitum amplasată între două platane paralele, la o frecvență de încărcare echivalentă cu efectul traficului; se măsoară efortul de forfecare și deformația. În funcție de temperatură și de frecvența de încercare, deformația va fi defazată în urmă față de efort cu unghiul de fază δ .

Unghiul de fază are valoare mare în domeniul de comportare plastică a liantului și o valoare mică în domeniul elastic.

Este important de reținut că Reometrul cu forfecare dinamică (cu care este dotat AND – CESTRIN) este folosit în prezent, alături de celelalte echipamente din setul de încercări SHRP, pentru stabilirea performanțelor fundamentale ale biturilor românești și a altor bituri folosite la lucrările de modernizare și reabilitare a drumurilor.

Pentru mixturi asfaltice, unghiul de fază poate fi calculat prin două metode:

a) metoda Ugé, care ia în considerație modulul de rigiditate al bitumului S_b , volumul de goluri $V_v(\%)$ și conținutul volumic de bitum $V_b(\%)$ din mixtura asfaltică.

Pentru valori ale modulului de elasticitate al bitumului, cuprinse între 5 și 2000 MPa, unghiul de fază ϕ_{mix} se calculează cu relația:

$$\phi_{mix} = 16,36 x V_b^{0,352} x \exp \left[974 x \frac{\log(S_b / 5)}{\log(S_b / 2000)} x V_v^{-0,172} \right] \quad (\text{VII.3.7.})$$

Pentru valori ale S_b mai mari de 2000 MPa, ϕ este zero.

b) pe cale experimentală, pentru stabilirea unei relații între unghiul de fază și cel al mixturii asfaltice.

3.7.3. Determinarea valorilor de calcul ale modulilor de elasticitate ai mixturilor asfaltice destinate executării straturilor bituminoase

În metodele analitice de dimensionare bazate pe teoria elasticității, termenul *modul de rigiditate* este înlocuit adesea prin *rigiditate*, *modul rezilient*, *modul de elasticitate* sau *modul de elasticitate dinamic*. La noi în țară a fost adoptat termenul de modul de elasticitate dinamic, comun tuturor materialelor din straturile rutiere.

Mixturile asfaltice sunt materiale viscoelastice complexe. Răspunsul lor la sarcini exterioare este puternic dependent de durata de încărcare și temperatură.

În metodologia de dimensionare a structurilor rutiere suple și semirigide, au fost stabilite condițiile de lucru ale mixturii asfaltice în stratul rutier:

- durata de încărcare: 0,1 sec.;

- temperatura, diferențiată în funcție de stratul rutier, tipul climateric al zonei în care este situat drumul și perioada sezonieră de lucru (iarnă, primăvară, toamnă, vară). Pentru simplificarea a fost adoptată noțiunea de temperatură echivalentă.

Pentru stabilirea temperaturilor echivalente a straturilor bituminoase în condițiile climaterice specifice țării noastre, au fost efectuate măsurări sistematice care au condus la obținerea indicatorilor statistici ai variației temperaturilor echivalente în funcție de alcătuirea structurii rutiere, care sunt prezentați în tabelul VII.3.42. Se precizează că tipurile climaterice sunt conform hărții din figura V.2.

Indicatori statistici ai temperaturii echivalente

Tabelul VII.3.42.

Indicatori statistici	Tip climateric I și II	Tip climateric III
θ echiv. mediu, °C	17,22	14,31
S, °C	1,42	1,22
N	60	60
C _v	8	9
θ echiv. min. P = 85%, °C	16	13
θ echiv. max., P = 85%, °C	19	16

Note: θ echiv. = temperatură echivalentă, s = abaterea medie pătratică, C_v = coeficient de variație

Față de datele prezentate în acest tabel, au fost adoptate valorile maxime ale temperaturii echivalente, corespunzătoare unei probabilități de 85%, care conduc la valori mai mici decât valoarea medie a modulilor de elasticitate a mixturii asfaltice și, în consecință, la valori mai mari ale deformației specifice verticale la nivelul pământului de fundare, prin care se introduce un coeficient de siguranță în calculul grosimii necesare a straturilor bituminoase.

Pentru aceste temperaturi, a fost realizat un program amplu de încercări de întindere indirectă a diverse tipuri de mixtură asfaltică, de către INCERTRANS, cu ajutorul echipamentului complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice (echipament ELE-MATTA). Aceste cercetări au fost finalizate cu valori de calcul ale modulilor de elasticitate dinamici (E, MPa), care sunt prezentate în tabelul VII.3.43.

Valorile de calcul ale modulilor de elasticitate ai mixturilor asfaltice

Tabelul VII.3.43.

Tipul mixturii asfaltice	Tip climateric I și II	Tip climateric III
	E, MPa	E, MPa
Mixturi asfaltice preparate cu bitum tip D 80/100		
- strat de uzură	3600	4200
- strat de legătură	3000	3600
- strat de bază	5000	5600
Mixturi asfaltice cu bitum modificat tip D 80/100:		
- strat de uzură	4000	4500
- strat de legătură	3500	4000
Mixturi asfaltice stabilizate cu fibre cu bitum tip 60/80:		
- strat de uzură		
• tip MASF 16	3300	4000
• tip MASF 8	3000	3600

Față de prevederile SR 174-1 se pot face următoarele comentarii referitoare la valorile de calcul ale modulelor de elasticitate dinamică ai mixturilor asfaltice din tabelul VII.3.43:

- metoda de determinare cu echipamentul ELE-MATTA face parte dintre metodele recomandate de SR EN 12697-26, fiind dată în anexa C a acestuia;
- modulul de rigiditate la 15°C, determinat prin încercarea la întindere indirectă pe epruvete cilindrice (IT-CY), prezintă valori mai mari decât cele de calcul, care au fost determinate la temperaturi mai mari, respectiv 19 °C pentru zona climaterică I și II, și 16 °C pentru zona climaterică III. El nu poate constitui deci o valoare de calcul. Valoarea acestei caracteristici poate fi utilizată doar pentru stabilirea compoziției optime a mixturii asfaltice în studiile preliminare de laborator;
- valorile de calcul din tabelul VII.3.43 sunt corespunzătoare mixturilor asfaltice preparate cu tipurile respective de bitum. Utilizarea altor tipuri de bitum și a altor tipuri de mixturi asfaltice impune stabilirea altor valori de calcul ale modulelor de elasticitate dinamică.

Atât diversificarea tipurilor de bitum și a tipurilor de mixturi asfaltice, cât și standardizarea metodei de determinare a modulelor de rigiditate impune reconsiderarea problemei complexe a valorilor de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate ale mixturilor asfaltice. Este necesar ca în cadrul programului de experimentare pentru definitivarea valorilor rigidității din SR 174-1 să fie abordată și problema valorilor de calcul ale modulelor de elasticitate dinamic, dat fiind interesul pe care ar trebui să-l aibă administratorii rețelelor de drumuri pentru o dimensionare cât mai corectă a structurilor rutiere.

3.7.4. Determinarea valorilor de calcul ale modulelor de elasticitate dinamici ai mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente

În cazul mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente, valorile modulelor de elasticitate dinamici sunt diferite de cele stabilite pentru mixturile asfaltice destinate executării straturilor bituminoase noi, ca urmare a procesului de îmbătrânire a bitumului. Acest fenomen produce o scădere a caracteristicilor de deformabilitate ale mixturilor asfaltice.

Pe baza a numeroase încercări, Universitatea din Nottingham propune ca proprietățile bitumului din straturile bituminoase existente să fie estimate cu ajutorul relațiilor:

- penetrația la 25°C: $P_r = 0,65 P_i$

- punctul de înmuiere IB: $IB_r = 98,4 - 26,35 \log P_r$

în care P_i este penetrația inițială de bitumului folosit la prepararea mixturii asfaltice.

Pentru indicele de penetrație, folosit la stabilirea modulelor de elasticitate al bitumului cu ajutorul nomogramei Van der Poel, s-a propus următoarea relație:

$$IP_r = \frac{1951,4 - 500 \log P_r - 20 IB_r}{50 \log P_r - IB_r - 120,14} \quad (\text{VII.3.8.})$$

În ceea ce privește modulul de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice din straturile existente, pe baza determinărilor efectuate de către INCERTRANS cu echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice pe probe recoltate de pe diferite drumuri, s-au stabilit valorile modulelor de elasticitate dinamici ale mixturilor asfaltice din straturile existente, care sunt prezentate în tabelul VII.3.44.

Modulul de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente

Tabelul VII.3.44.

Tipul mixturii asfaltice	Tip climateric I și II	Tip climateric III
	Modulul de elasticitate dinamic E, MPa	
Mixtură asfaltică din straturi bituminoase existente	2550	2950

Măsurările efectuate cu deflectometrul Dynatest 8000FWD pe drumuri caracterizate prin diferite grade de degradare a straturilor bituminoase existente, au permis stabilirea valorilor modulelor de elasticitate dinamici ale mixturilor asfaltice, în funcție de parametrul de degradare al îmbrăcămintei bituminoase, determinat conform normativului indicativ CD 155, în conformitate cu tabelul VII.3.45.

Valorile de calcul ale modulelor de elasticitate dinamici ale mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente

Tabelul VII.3.45.

Indicele de degradare al îmbrăcămintei bituminoase	Tip climateric I și II	Tip climateric III
	Modulul de elasticitate dinamic E, MPa	
Sub 7,5	3300	4700
7,5 – 13	3000	3800
Peste 13	2500	3000

3.7.5. Coeficientul lui Poisson

Coeficientul lui Poisson este o proprietate mecanică a mixturilor asfaltice, care se obține prin compararea deformațiilor transversale și longitudinale ale unei probe supuse la vibrații longitudinale.

Cercetări efectuate de Sayegh (1967) au arătat că acest coeficient, obținut prin încercări dinamice, este un număr real, a cărei valoare variază în funcție de temperatură, frecvență și deformație.

El poate avea valori de la 0,1 la frecvențe mari și temperaturi scăzute, până la 0,5 la frecvențe mici și temperaturi ridicate.

În dimensionarea structurilor rutiere suple și semirigide se propune adoptarea valorii de calcul a coeficientului lui Poisson, μ , de 0,35.

3.8. Proprietăți de comportare

Principalele proprietăți ale mixturilor asfaltice care evidențiază performanțele straturilor bituminoase privind comportarea acestora în exploatare sunt:

- rezistența la oboseală;
- rezistența la deformații permanente;
- rezistența la fisurare termică.

3.8.1. Rezistența la oboseală

Rezistența la oboseală a îmbrăcăminților bituminoase caracterizează modul de comportare a acestora sub efectul încărcărilor repetate, la care sunt supuse prin acțiunea traficului.

Rezistența la oboseală este definită prin numărul de solicitări N_{adm} , pe care le suportă mixtura asfaltică, înainte de a se rupe.

Determinarea rezistenței la oboseală se efectuează în laborator prin supunerea epruvetelor la o deformație sinusoidală controlată sau la un efort sinusoidal controlat, în anumite condiții de temperatură.

Cercetări efectuate în acest domeniu au arătat că încercarea cu efort sinusoidal controlat este mai aptă pentru a caracteriza comportarea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase subțiri (cu grosimi sub 6 cm), în timp ce încercarea cu deformație sinusoidală controlată este mai adecvată în cazul îmbrăcăminților cu grosimi mari, peste 15 cm.

Pe plan internațional se folosesc metode de încercare în laborator diferite de la o țară la alta. Acestea se pot grupa în trei categorii:

- încercări la încovoire (în 2, 3 sau 4 puncte);

- încercări la întindere – compresiune (directă sau indirectă);
- încercări la forfecare.

Convențional, se presupune că încercările la încovoiere simulează forța de încovoiere repetată la care este supusă îmbrăcămintea la trecerea vehiculelor, în timp ce încercările la întindere simulează forța indusă la baza îmbrăcămintei bituminoase. În ceea ce privește încercarea la forfecare, se ia în considerare efortul de forfecare care se produce în stratul bituminos de uzură.

Programul de încercări interlaboratoare, coordonat de Comitetul Tehnic RILEM pentru stabilirea performanțelor mixturilor asfaltice, la care au participat 12 laboratoare din diferite țări europene, a permis stabilirea tipurilor de încercări practicate de acestea, a tipurilor de epruvete și a condițiilor de încercare, precum și a concluziilor privind repetabilitatea și reproductibilitatea lor.

Dintre aceste concluzii sunt de reținut:

- tipul încercării:
 - încercări la încovoiere în 2, 3 sau 4 puncte, pe epruvete prismatice sau trapezoidale;
 - încercări la întindere indirectă pe epruvete cilindrice.
- modul de acționare: cu deformare controlată sau cu efort controlat;
- temperatura: 0, 10 sau 20 °C;
- frecvența: 1, 20, 25 sau 30 Hz;
- modul de interpretare a rezultatelor încercării:
 - pentru cele cu deformare constantă, ruperea se consideră în momentul în care modulul de rigiditate a scăzut cu peste 50% față de valoarea inițială;
 - pentru încercările cu efort controlat, ruperea se consideră atunci când deformarea crește cu un factor 4.

Urmare programului de încercări interlaboratoare a fost elaborat standardul european EN 12697-24 "Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 24: Resistance to fatigue", preluat în anul 2006 ca standard român SR EN 12697-24 Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 24: Rezistența la oboseală, care prevede următoarele tipuri de încercări:

- încercarea la încovoiere în două puncte pe epruvete trapezoidale;
- încercarea la încovoiere în două puncte pe epruvete prismatice;
- încercarea la încovoiere în trei puncte pe epruvete prismatice;
- încercarea la încovoiere în patru puncte pe epruvete prismatice;
- încercarea la întindere indirectă pe epruvete cilindrice.

În SR 174-1 a fost introdusă încercarea la întindere indirectă pe epruvete cilindrice la temperatura de 20 °C (pentru mixturi asfaltice tip beton asfaltic pentru stratul de legătură). Pe acest principiu se bazează și echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice tip Nottingham (Nottingham Asphalt Tester), din dotarea Institutului de Cercetări în Transporturi. Determinarea rezistenței la oboseală a mixturilor asfaltice cu acest echipament se bazează pe solicitarea repetată la întindere indirectă a unei epruvete cilindrice (aplicarea repetată a unei forțe de compresiune pe generatoare), cu urmărirea comportării epruvetei, cu ajutorul calculatorului.

Criteriul de apreciere a rezistenței la oboseală poate să difere, fiind de exemplu numărul de solicitări care produce reducerea modulului de rigiditate la o anumită valoare din valoarea inițială (de exemplu 90% sau 50%) sau chiar cel care produce fisurarea epruvetei.

Realizat de Universitatea Nottingham din Anglia, acest echipament complex a intrat în tehnica rutieră din țara noastră cu denumirea comercială ELE-MATTA, determinarea rezistenței la oboseală fiind reglementată de instrucțiunile tehnice indicativ ADN 548.

Condițiile de încercare sunt următoarele:

- forța de încărcare: 1500...2000 N;
- timpul de încărcare: 60 s;
- perioada pulsului: 1...3 s;

- temperatura: 15°C (temperatura echivalentă a straturilor bituminoase pentru tipurile climaterice din România).

Numărul de cicluri până la fisurare, la temperatura de 15°C, a epruvetelor din mixturi asfaltice cu bitum tip D 80/100 este reprezentat în tabelul VII.3.46.

Rezistența la oboseală a mixturilor asfaltice

Tabelul VII.3.46.

Tipul mixturii asfaltice	Numărul de cicluri până la fisurare, la temperatura de 15°C
Mixturi asfaltice cu bitum tip D 80/100	
- strat de legătură	0,15x10 ⁶ ...0,4x10 ⁶
- strat de bază	0,10x10 ⁶ ...0,7x10 ⁶
Mixturi asfaltice cu bitum modificat	
- strat de legătură	min. 4x10 ⁶

Rezistența la oboseală a straturilor bituminoase în condiții reale de exploatare este mult mai mare decât cea determinată în laborator. Acest fapt poate fi atribuit multor cauze, ca de exemplu o "însănătoșire" care are loc între solicitările repetate ale traficului, durata mai mare între solicitări datorită deplasării laterale a vehiculelor, etc. Din această cauză, pentru a fi folosită în dimensionare, rezistența la oboseală determinată în laborator trebuie să fie multiplicată cu un factor a cărei mărime poate varia în limite largi, până la 440.

Legile de oboseală ale mixturii asfaltice au forma generală:

$$N_{adm} = a \cdot \varepsilon_r^b \quad \text{sau} \quad \log N_{adm} = A + b \log \varepsilon_r \quad (\text{VII.3.9})$$

în care:

N_{adm} este numărul de solicitări care produc degradarea prin oboseală a mixturii asfaltice;

ε_r – deformația specifică de întindere;

a și A – termeni constanți ai regresiei;

b – coeficientul de regresie.

Literatura de specialitate indică o multitudine de corelații între numărul de solicitări care produc oboseala mixturii asfaltice și deformația specifică de întindere din aceste straturi, valorile termenului constant (a sau A) și ale coeficientului de regresie b fiind diferite de la o metodă la alta.

Studii efectuate de Universitatea Nottingham (Anglia) au demonstrat că rezistența la oboseală este influențată de volumul bitumului din mixtura asfaltică (V_b) și de tipul bitumului folosit (respectiv punctul de înmuiere IB). În aceste condiții legea de oboseală este exprimată prin relația:

$$\log N_{adm} = A_0 + 15,8 \log \varepsilon_r - (5,13 \log \varepsilon_r - 14,39) \log V_b - (8,63 \log \varepsilon_r - 24,2) \log (IB) \quad (\text{VII.3.10})$$

în care:

N_{adm} este numărul de solicitări admisibile, în milioane;

ε_r – deformația specifică de întindere, în microdef;

V_b – volumul bitumului, în %;

IB – punctul de înmuiere înel și bilă, în °C;

A_0 – termen constant al regresiei, a cărei valoare depinde de starea structurii rutiere la sfârșitul duratei de viață și anume:

* $A_0 = -46,82$ pentru durata de viață până la condiția "critică", care este definită de prima apariție a fisurilor pe urma roților, ceea ce impune ranforsarea structurii rutiere;

* $A_0 = -46,06$ pentru durata de viață până la condiția "degradare", care este definită prin existența unor suprafețe degradate mari pe urma roților, fiind necesară refacerea structurii rutiere.

Pentru o mixtură asfaltică caracterizată prin $V_b = 11\%$ și punct de înmuiere $IB = 47^\circ\text{C}$, valori care sunt uzuale pentru mixturile asfaltice din țara noastră, relația de mai sus capătă următoarele expresii:

- pentru condiții critice: $\log N_{adm} = 8,63 - 3,97 \log \varepsilon_r$ (VII.3.11)

sau $N_{adm} = 4,27 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3,97}$ (VII.3.12)

- pentru degradare: $\log N_{adm} = 9,39 - 3,97 \log \varepsilon_r$ (VII.3.13)

sau $N_{adm} = 24,5 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3,97}$ (VII.3.14)

Aceste relații sunt utilizate în dimensionarea structurilor rutiere suple și semirigide sau a straturilor bituminoase de ranforsare a drumurilor existente, așa cum este prezentat în capitolul VIII.

3.7.2. Rezistența la deformare permanentă

Deformarea permanentă se manifestă sub forma de făgașe longitudinale la nivelul stratului de rulare, în zonele în care rulează repetat în special vehiculele grele.

Cauzele apariției făgașelor sunt legate de condițiile climaterice, de alcătuirea și realizarea straturilor bituminoase, precum și de solicitările în special ale traficului intens și greu.

Predicția dezvoltării deformațiilor permanente ale stratului bituminos de rulare este complicată, fiind funcție de caracteristicile bitumului, proprietățile agregatelor naturale, volumul componentelor mixturilor asfaltice, temperatură, viteza de circulație a autovehiculelor.

În figura VII.8. se prezintă curbele tipice ale deformării permanente a mixturilor asfaltice.

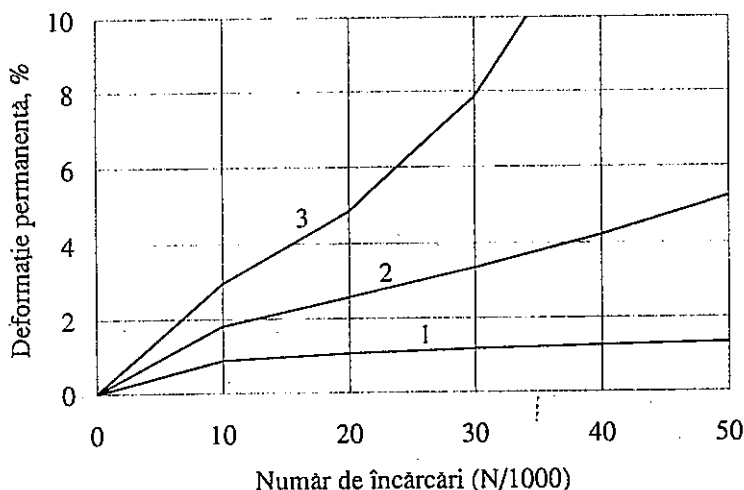


Figura VII.8. Curbe tipice de deformare permanentă a mixturii asfaltice

Se disting trei etape:

- etapa 1: apariția primelor făgașe;
- etapa 2: rata de acumulare a deformațiilor are un aspect linear, în scară logaritmică;
- etapa 3: deformațiile permanente se acumulează mult pentru un număr mic de cicluri de încărcare.

Pentru explicarea acestui fenomen au fost propuse mai multe modele. Dintre acestea este de reținut modelul Vesys (Kenis 1977), care are în vedere următoarele ipoteze:

a) evoluția deformației permanente (ε_p) este funcție de numărul N de repetări ale solicitării, conform relației:

$$\varepsilon_p = I \times N^S \quad (\text{VII.3.15})$$

în care I și S sunt niște constante.

b) fiecare acțiune a unei încărcări contribuie cu o fracțiune $F(N)$ a deformației elastice (ε_e) la acumularea deformației, conform relației:

$$F(N) = IS / \varepsilon_e \times N^{S-1} \quad (\text{VII.3.16})$$

sau

$$F(N) = \mu N^\alpha \quad (\text{VII.3.17})$$

în care: $\alpha = 1-S$ și $\mu = IS / \varepsilon_e$

Aceste ipoteze conduc ca deformația permanentă (ε_p) să fie estimată prin integrarea contribuției diferitelor solicitări, și anume:

$$\varepsilon_p(N) = \sum_{n=1}^N \varepsilon_e(n) F(n) \quad (\text{VII.3.18})$$

Influența compoziției materialului apare indirect în acest model, ca efect asupra mărimii deformației elastice care este corelată cu modulul de rigiditate.

Beckendahl (1987) a arătat că valorile lui μ și α sunt constante și independente de valoarea încărcării, propunând următoarele valori:

$$\alpha = 0,4 \text{ și } \mu = 4$$

În general curbele prezentate în fig. VII.3.19 pot fi descrise ca o funcție de timpul de acționare a încărcării, conform relației propuse de Francken (1987):

$$\varepsilon_p(t) = A \times (t/1000)^B + C \times [\exp(Dt/1000) - 1] \quad (\text{VII.3.19})$$

în care:

$$A = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{|E^*| \times 2 \times f(V_v)} = \frac{\sigma - \sigma_{31}}{2E_p}$$

$$F(V_v) = \frac{(2,716 + 1,432 \times V_v)}{1000}$$

- ε_p - deformația permanentă;
- t - timpul, în secunde;
- V_v - volumul de goluri, %;
- B, C și D - parametri ai mixturii asfaltice;
- $|E^*|$ - modulul de rigiditate;
- E_p - modulul de deformare permanentă;
- σ_1 și σ_3 - tensiuni principale;

Această expresie exprimă corelația dintre compoziția mixturii asfaltice și temperatură prin modulul de rigiditate $|E^*|$ și volumul de goluri V_v .

Aparatele de laborator care sunt folosite în prezent pe plan internațional pentru determinarea rezistenței la deformare permanentă a mixturilor asfaltice pot fi grupate astfel:

- aparate care măsoară adâncimea făgașului format pe o placă din mixtură asfaltică, la un anumit număr de treceri ale unui pneu cu caracteristici bine definite. Un astfel de aparat este cel realizat de L.C.P.C. în Franța denumit "Orniéreur";

- aparate care măsoară fluajul dinamic al mixturii asfaltice, deci susceptibilitatea la formarea făgașelor. Din această categorie face parte echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice, tip Nottingham.

Simularea solicitărilor cu ajutorul acestui echipament se efectuează prin încercarea repetată uniaxială a probei cilindrice din mixtura asfaltică. Determinarea cuprinde patru etape:

- condiționarea probei prin încărcare statică;
- preîncărcarea, fără aplicarea sarcinii;
- încărcarea pulsatorie;
- revenirea, fără aplicarea sarcinii.

În toate etapele se calculează și se înregistrează continuu deformația totală și deformația permanentă (reziduală).

Parametrii încercării de fluaj au fost stabiliți de INCERTRANS, în concordanță cu cei aplicați pe plan european, similari celor prevăzuți în metodologia Shell, și anume:

- presiunea de încărcare: 100 kPa;
- perioada de încărcare: 1 s;
- perioada de repetare a pulsului: 2 s;
- perioada de revenire: 15 min.;
- număr de pulsuri: 1800 sau 3600;
- temperatura de 40°C și 60°C.

Metodologia de determinare a fluajului dinamic cu acest echipament este descrisă în instrucțiunile indicativ AND 543.

Spre exemplificare, valorile admisibile ale fluajului dinamic la temperatura de 40°C pentru mixturile asfaltice preparate cu bitum modificat cu polimeri, destinate stratului de uzură, sunt prezentate în tabelul VII.3.47.

Rezistența la deformare permanentă a mixturilor asfaltice

Tabelul VII.3.47.

Rezistența la deformații permanente	Limite de admisibilitate pentru mixturi asfaltice	
	BA _m 16	BAR _m 16
Deformația permanentă la 40°C și 1800 pulsuri, 10 ⁻⁴ mm	max. 2900	max. 2800

Aceste studii au permis evidențierea superiorității mixturilor asfaltice preparate cu bitum modificat cu polimeri, din punct de vedere al susceptibilității la deformare la temperaturi ridicate, comparativ cu mixturile asfaltice tradiționale.

În prezent sunt în curs de definitivare valorile admisibile pentru mixturile asfaltice prevăzute de SR 174-1.

În anul 2001 a fost elaborat standardul european EN 12697-22 "Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 22: Well tracking", preluat ca standard român în anul 2006 (SR EN 12697-22) care prevede următoarele tipuri de încercări de ornieraj:

- cu dispozitiv mare și încărcarea care rulează pe epruveta de încercat de (5000 ± 100)N;
- cu dispozitiv foarte mare și încărcarea care rulează pe epruveta de încercat de (10000 ± 100)N;
- cu dispozitiv mic și încărcarea de (700(w/50) ± 10)N (unde w este lățimea pneului).

Conform SR 174-1, încercarea la ornieraj se determină cu dispozitiv mic, pe placă din mixtură asfaltică confecționată în laborator sau pe carotă cilindrică cu diametrul de 200 mm, prelevată din îmbrăcămintea bituminoasă.

Pentru determinarea rezistenței la deformații permanente, în prezent există standardul european EN 12697-25, preluat ca standard român în anul 2006 (SR EN 12697-25), prin care se determină fluajul dinamic și viteza de fluaj prin încercarea la compresiune ciclică triaxială pe epruvete cilindrice.

$$F(N) = IS / \varepsilon_c \times N^{S-1} \quad (\text{VII.3.16})$$

sau

$$F(N) = \mu N^\alpha \quad (\text{VII.3.17})$$

în care: $\alpha = 1-S$ și $\mu = IS / \varepsilon_c$

Aceste ipoteze conduc ca deformația permanentă (ε_p) să fie estimată prin integrarea contribuției diferitelor solicitări, și anume:

$$\varepsilon_p(N) = \sum_{n=1}^N \varepsilon_e(n) F(n) \quad (\text{VII.3.18})$$

Influența compoziției materialului apare indirect în acest model, ca efect asupra mărimii deformației elastice care este corelată cu modulul de rigiditate.

Beckendahl (1987) a arătat că valorile lui μ și α sunt constante și independente de valoarea încărcării, propunând următoarele valori:

$$\alpha = 0,4 \text{ și } \mu = 4$$

În general curbele prezentate în fig. VII.3.19 pot fi descrise ca o funcție de timpul de acționare a încărcării, conform relației propuse de Francken (1987):

$$\varepsilon_p(t) = A \times (t/1000)^B + C \times [\exp(Dt/1000) - 1] \quad (\text{VII.3.19})$$

în care:

$$A = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{|E^*| \times 2 \times f(V_v)} = \frac{\sigma - \sigma_{31}}{2E_p}$$

$$F(V_v) = \frac{(2,716 + 1,432 \times V_v)}{1000}$$

- ε_p - deformația permanentă;
- t - timpul, în secunde;
- V_v - volumul de goluri, %;
- B, C și D - parametri ai mixturii asfaltice;
- $|E^*|$ - modulul de rigiditate;
- E_p - modulul de deformare permanentă;
- σ_1 și σ_3 - tensiuni principale;

Această expresie exprimă corelația dintre compoziția mixturii asfaltice și temperatură prin modulul de rigiditate $|E^*|$ și volumul de goluri V_v .

Aparatele de laborator care sunt folosite în prezent pe plan internațional pentru determinarea rezistenței la deformare permanentă a mixturilor asfaltice pot fi grupate astfel:

- aparate care măsoară adâncimea făgașului format pe o placă din mixtură asfaltică, la un anumit număr de treceri ale unui pneu cu caracteristici bine definite. Un astfel de aparat este cel realizat de L.C.P.C. în Franța denumit "Orniéreur";

- aparate care măsoară fluajul dinamic al mixturii asfaltice, deci susceptibilitatea la formarea făgașelor. Din această categorie face parte echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice, tip Nottingham.

Simularea solicitărilor cu ajutorul acestui echipament se efectuează prin încercarea repetată uniaxială a probei cilindrice din mixtura asfaltică. Determinarea cuprinde patru etape:

- condiționarea probei prin încărcare statică;
- preîncărcarea, fără aplicarea sarcinii;
- încărcarea pulsatorie;
- revenirea, fără aplicarea sarcinii.

În toate etapele se calculează și se înregistrează continuu deformația totală și deformația permanentă (reziduală).

Parametrii încercării de fluaj au fost stabiliți de INCERTRANS, în concordanță cu cei aplicați pe plan european, similari celor prevăzuți în metodologia Shell, și anume:

- presiunea de încărcare: 100 kPa;
- perioada de încărcare: 1 s;
- perioada de repetare a pulsului: 2 s;
- perioada de revenire: 15 min.;
- număr de pulsuri: 1800 sau 3600;
- temperatura de 40°C și 60°C.

Metodologia de determinare a fluajului dinamic cu acest echipament este descrisă în instrucțiunile indicativ AND 543.

Spre exemplificare, valorile admisibile ale fluajului dinamic la temperatura de 40°C pentru mixturile asfaltice preparate cu bitum modificat cu polimeri, destinate stratului de uzură, sunt prezentate în tabelul VII.3.47.

Rezistența la deformare permanentă a mixturilor asfaltice

Tabelul VII.3.47.

Rezistența la deformații permanente	Limite de admisibilitate pentru mixturi asfaltice	
	BA _m 16	BAR _m 16
Deformația permanentă la 40°C și 1800 pulsuri, 10 ⁻⁴ mm	max. 2900	max. 2800

Aceste studii au permis evidențierea superiorității mixturilor asfaltice preparate cu bitum modificat cu polimeri, din punct de vedere al susceptibilității la deformare la temperaturi ridicate, comparativ cu mixturile asfaltice tradiționale.

În prezent sunt în curs de definitivare valorile admisibile pentru mixturile asfaltice prevăzute de SR 174-1.

În anul 2001 a fost elaborat standardul european EN 12697-22 "Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 22: Well tracking", preluat ca standard român în anul 2006 (SR EN 12697-22) care prevede următoarele tipuri de încercări de ornieraj:

- cu dispozitiv mare și încărcarea care rulează pe epruveta de încercat de (5000 ± 100)N;
- cu dispozitiv foarte mare și încărcarea care rulează pe epruveta de încercat de (10000 ± 100)N;
- cu dispozitiv mic și încărcarea de (700(w/50) ± 10)N (unde w este lățimea pneului).

Conform SR 174-1, încercarea la ornieraj se determină cu dispozitiv mic, pe placă din mixtură asfaltică confectionată în laborator sau pe carotă cilindrică cu diametrul de 200 mm, prelevată din îmbrăcămintea bituminoasă.

Pentru determinarea rezistenței la deformații permanente, în prezent există standardul european EN 12697-25, preluat ca standard român în anul 2006 (SR EN 12697-25), prin care se determină fluajul dinamic și viteza de fluaj prin încercarea la compresiune ciclică triaxială pe epruvete cilindrice.

În SR 174-1 au fost introduse valori orientative pentru rezistența la deformății permanente determinată conform SR EN 12697-25. În prezent aceste valori sunt în curs de definitivare.

3.7.3. Rezistența la fisurare termică

Este cunoscut faptul că eforturile termice pot induce fisuri de suprafață instantanee în condițiile unei ierni severe.

Prezența eforturilor provenite din acțiunea traficului, suprapuse peste eforturile termice, poate avea o influență foarte mare asupra procesului de fisurare a îmbrăcăminților bituminoase.

Aceste eforturi pot fi exprimate, plecând de la coeficientul de dilatare termică (α_T), modulul de rigiditate $|E^*|$ și rata de scădere a temperaturii, cu relația:

$$\sigma_{Th} = \alpha_T \int_{\theta=0}^{\theta=t} E^*[T(\theta)] \frac{\partial T}{\partial \theta} d\theta \quad (\text{VII.3.20})$$

Rezistența la întindere la temperaturi scăzute a mixturilor asfaltice poate fi determinată în laborator prin încercări la întindere directă sau la încovoiere, pe epruvete menținute în cameră climatică. Se determină temperatura critică la care se produce fisurarea.

În prezent, institutele de specialitate din țara noastră nu dispun de aparatura necesară determinării rezistenței la fisurare a mixturilor asfaltice.

Cercetări efectuate pe plan internațional au demonstrat că îmbătrânirea bitumului are o influență deosebită asupra riscului apariției fisurării termice.

Aceste cercetări au pus în evidență factorii care influențează proprietățile bitumului. Referitor la durificarea bitumului sunt evidențiate următoarele fenomene:

a) durificarea inițială a bitumului, în procesul de preparare a mixturilor asfaltice în instalația de asfalt. Acest fenomen nu este considerat ca un fenomen de îmbătrânire a bitumului, ci numai o durificare a acestuia prin acțiunea combinată de oxidare și de pierdere a componentelor volatili ai acestuia.

Evaluarea acestui fenomen se realizează în laborator prin metoda TFOT și RTFOT, prin determinarea reducerii penetrației bitumului și a creșterii punctului de înmuiere.

b) îmbătrânirea pe termen lung, în timpul exploatării îmbrăcăminții bituminoase, care se manifestă prin reducerea penetrației și creșterea punctului de înmuiere.

Pentru a evalua îmbătrânirea în timp a bitumului, au fost stabilite de către Shahin în 1977 relații empirice privind modificarea acestor caracteristici, și anume:

- pentru penetrație:

$$\text{Pen}(t) = -48,258 - 2,561 \times \sqrt{t} + 1,438 \times \text{Pen}(0) - 8,466 \times V_v \times X(t) + 1,363 \times \text{TFOT} + 0,9225 \times \text{Pen}(0) \times X(t) \quad (\text{VII.3.21})$$

- pentru punctul de înmuiere înel și bilă:

$$\text{IB}(t) = 7,826 + 1,757 \times \sqrt{t} + 1,585 \times \text{IB}(0) - 0,516 \times \text{TFOT} \quad (\text{VII.3.22})$$

în care:

t este numărul de luni de la punerea în operă a mixturii asfaltice;

$\text{Pen}(0)$ – penetrația la 25°C a bitumului înainte de prepararea mixturii asfaltice;

$\text{Pen}(t)$ – penetrația bitumului îmbătrânit;

$\text{IB}(0)$ – punctul de înmuiere al bitumului înainte de prepararea mixturii asfaltice;

$\text{IB}(t)$ – punctul de înmuiere al bitumului îmbătrânit;

TFOT – reducerea penetrației după încercarea TFOT, față de penetrația inițială;

$X(t)$ $- 1 / (\sqrt{t} + 1);$
 V_v $- \text{volumul de goluri (\%)} \text{ în mixtura asfaltică.}$

Studii ulterioare efectuate de Danzats (1988), bazate pe un număr foarte mare de bitumuri, după 10 ani de exploatare a îmbrăcăminților bituminoase (Franța), au condus la adoptarea următoarelor expresii:

$$\text{Pen}(t) = 11,9925 - 1,2578 \times \sqrt{t} + 0,3322 \times \text{Pen}(0) - 2,9965 \times V_v \times X(t) + 0,765 \times \text{Pen}(0) \times X(t) \quad (\text{VII.3.23})$$

$$\text{IB}(t) = 64,448 + 1,5755 \times \sqrt{t} - 0,2531 \times \text{Pen}(0) + 0,5518 \times V_v \quad (\text{VII.3.24})$$

c) durificarea fizică, fenomen care se produce în cazul expunerii bitumului pe o perioadă mai lungă la temperaturi scăzute. Această durificare este mai pronunțată la bitumurile îmbătrânite.

În consecință, susceptibilitatea la fisurare a bitumurilor la temperaturi scăzute poate fi influențată de fenomenul de durificare fizică.

Capitolul VIII

ANALIZA STRUCTURII RUTIERE LA SOLICITAREA SARCINILOR DIN TRAFIC

1. Generalități
2. Elaborarea modelului
pentru dimensionare
3. Programele pentru calculul deformațiilor
specifice și tensiunilor în structura rutieră
4. Stabilirea comportării structurii rutiere
la solicitările traficului
5. Factorul de preluare a solicitărilor

1. Generalități

Analiza structurii rutiere la solicitările sarcinilor din trafic implică cunoașterea următoarelor date:

- tipul structurii rutiere;
- alcătuirea structurii rutiere:
 - grosimile straturilor rutiere;
 - materialele din alcătuirea straturilor rutiere;
- tipul climateric al zonei în care este situat drumul;
- regimul hidrologic al complexului rutier;
- tipul pământului de fundare.

Abordarea problemei este diferită pentru:

- dimensionarea structurilor rutiere pentru drumuri noi, pentru modernizarea sau lărgirea drumurilor existente;
- dimensionarea straturilor de ranforsare a structurilor rutiere existente.

1.1. Stabilirea structurii rutiere pentru drumuri noi și pentru modernizarea sau lărgirea drumurilor existente.

Stabilirea tipului de structură rutieră se încadrează în strategia de investiție și de întreținere a drumului respectiv, în cadrul rețelei de drumuri, conform capitolului IV, punctul 3.3. O importanță deosebită în alegerea tipului de structură rutieră prezintă materialele de construcție rutieră preponderente în regiune și anume:

- agregatele naturale de carieră, cu pondere importantă în structurile rutiere suple;
- agregatele naturale de balastieră, cu pondere importantă în structurile rutiere semirigide.

Alcătuirea structurii rutiere și anume, variația pe grosimea acesteia a tipurilor de straturi rutiere și a grosimilor acestora se stabilește luând în considerare următoarele:

- grosimile minime constructive ale diferitelor straturi rutiere, conform prevederilor tabelelor IV.2.1 și IV.2.2;
- grosimile maxime ale diferitelor straturi rutiere, ținând cont de anumite constrângeri specifice tehnologiilor de execuție din țara noastră;
- necesitatea reducerii numărului de straturi, respectiv de interfețe, în scopul micșorării riscului existenței unor defecțiuni privind aderența între straturi;
- alcătuirea stratului de formă astfel încât, grosimea acestuia să poată fi luată în considerare în dimensionare structurii rutiere la acțiunea fenomenului de îngheț-dezghet;
- asigurarea unei protecții suficiente a straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici față de manifestarea unor procese care încă nu pot fi luate în considerare în calcule (fisurarea reflectivă).

Tipul climateric al zonei în care este situat drumul, regimul hidrologic al complexului rutier și tipul pământului de fundare sunt elemente care concură la stabilirea valorilor parametrilor de calcul ai pământului de fundare.

În cazul modernizării unor drumuri existente, atunci când traseul drumului modernizat coincide cu cel al drumului existent, o problemă importantă o constituie în ce măsură pietruirea existentă poate fi luată în considerare în alcătuirea complexului rutier. Modul de utilizare a acesteia se stabilește în funcție de lățimea și grosimea materialelor din alcătuire și de calitatea acestora, conform prevederilor STAS 6400, în modul următor:

- pietruirea nu este pe toată lățimea patului drumului, iar grosimea ei este mai mică de 10 cm, caz în care nu se ia în considerare în dimensionarea structurii rutiere. Ea se scarifică și se reprofilează pe toată lățimea patului drumului;

- pietruirea are o lăţime egală cu cea a patului drumului, iar grosimea este de minimum 10 cm, caz în care ea poate alcătui stratul de formă sau stratul inferior de fundaţie, care va fi luat în considerare în dimensionarea structurii rutiere;
- pietruirea nu este pe toată lăţimea patului drumului, dar grosimea ei este mai mare de 10 cm, caz în care se scarifică, se reprofilează şi se compactează. Grosimea stratului rezultat este luată în considerare în dimensionare;

Pietruirea poate constitui un substrat de fundaţie sau un strat de fundaţie, numai dacă îndeplineşte condiţiile tehnice conform capitolului VII.

1.2. Stabilirea structurii rutiere pentru drumurile care se ranfursează

Pentru dimensionarea straturilor de ranforsare a structurilor rutiere este necesar să se efectueze studii de teren, în vederea obţinerii următoarelor date:

- starea de degradare a îmbrăcăminţii bituminoase în conformitate cu prevederile instrucţiunilor

indicativ CD 155;

- modul de alcătuire a straturilor rutiere şi grosimile acestora;
- caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;
- regimul hidrologic al complexului rutier (tipul profilului transversal, modul de asigurare a scurgerii apelor de suprafaţă, existenţa şi starea dispozitivelor de drenare, nivelul apei freactice).

Alcătuirea structurii rutiere şi caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare se stabilesc pe baza documentaţiilor existente şi a istoriei lucrărilor de întreţinere şi anume:

- anul modernizării drumului şi alcătuirea structurii rutiere;
- anii de execuţie a unor covoare bituminoase şi a unor eventuale ranforsări ulterioare şi grosimile acestor straturi bituminoase.

Pentru reţeaua de drumuri naţionale, aceste date vor fi extrase din Banca Centrală de Date Tehnice Rutiere, iar pentru celelalte reţele de drumuri sau de străzi, ele vor fi obţinute din situaţiile existente la administratorii acestora sau prin sondaje.

Variaţia modului de alcătuire al structurii rutiere în lungul drumului impune efectuarea şi de sondaje în structura rutieră. În conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 550, numărul necesar de sondaje se stabileşte pe răspunderea investitorului şi a proiectantului, în funcţie de lungimea drumului. El trebuie să fie consemnat într-un document întocmit la faţa locului.

Variaţia în lungul tronsonului de drum atât a alcătuirii structurii rutiere, cât şi cea a regimului hidrologic, implică împărţirea drumului în sectoare omogene. Prin sector omogen de drum se înţelege sectorul caracterizat prin aceleaşi date privind:

- alcătuirea structurii rutiere;
- tipul pământului de fundare;
- regimul hidrologic al complexului rutier,

considerând că lungimea acestuia se situează într-o zonă caracterizată prin acelaşi tip climateric şi acelaşi trafic de calcul.

În cazul în care pentru tronsonul respectiv de drum există rezultate ale unor măsurări de deformabilitate, împărţirea în sectoare omogene se poate face pe baza acestora, cu ajutorul programului de calcul SECTOM, prevăzut în normativul indicativ AND 550.

Alcătuirea structurii rutiere pentru fiecare sector omogen de drum este caracterizată prin grosimile medii ale straturilor rutiere.

2. Elaborarea modelului pentru dimensionare

Structura rutieră și suportul acesteia sunt considerate ca fiind un mediu multistrat, cu maximum cinci straturi, în care fiecare strat rutier este considerat un solid elastic liniar, izotrop și omogen, infinit în plan orizontal și cu grosime finită, cu excepția pământului de fundare, considerat semiinfinit.

Fiecare strat rutier este caracterizat prin următorii parametri de calcul, conform figurii VIII.1:

- grosimea, h , în cm;
- modulul de elasticitate dinamic, E , în MPa;
- coeficientul lui Poisson, μ ,

iar pământul de fundare, prin:

- modulul de elasticitate dinamic, E_p , în MPa;
- coeficientul lui Poisson, μ_p

Pentru materialele din alcătuirea straturilor rutiere, valorile de calcul E și μ se stabilesc conform prevederilor capitolului VII, iar cele ale pământului de fundare, conform prevederilor capitolului V.

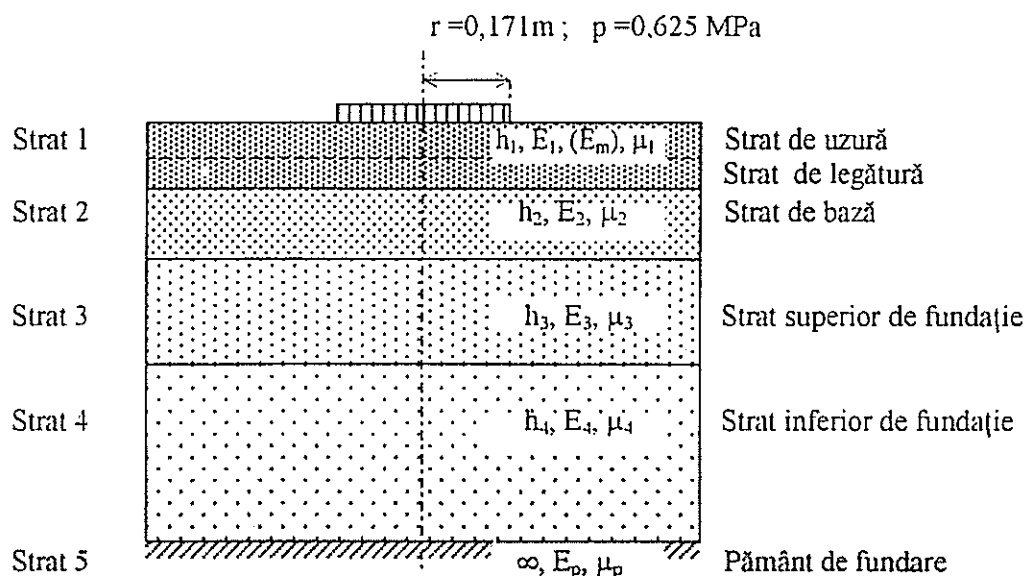


Figura VIII.1 Modelul structurii rutiere fără strat de formă

În cazul prevederii unui strat de formă, în conformitate cu prevederile capitolului V, subcapitolul 3, sistemul bistrat, format din:

- stratul de formă, caracterizat prin:
 - grosime, $h_{s.f.}$, în cm;
 - modul de elasticitate dinamic, $E_{s.f.}$, în MPa;
 - coeficientul lui Poisson, $\mu_{s.f.}$
- pământul de fundare, caracterizat prin:
 - modul de elasticitate dinamic, E_p , în MPa;
 - coeficientul lui Poisson, μ_p ,

se ia în considerare, conform figurii VIII.2, ca un semistrat, semiinfinit, caracterizat prin următoarele valori ale parametrilor de calcul:

- modulul de elasticitate dinamic echivalent al semistratului, $E_{p.ech.}$, în MPa;
- coeficientul lui Poisson, μ_p , al pământului de fundare.

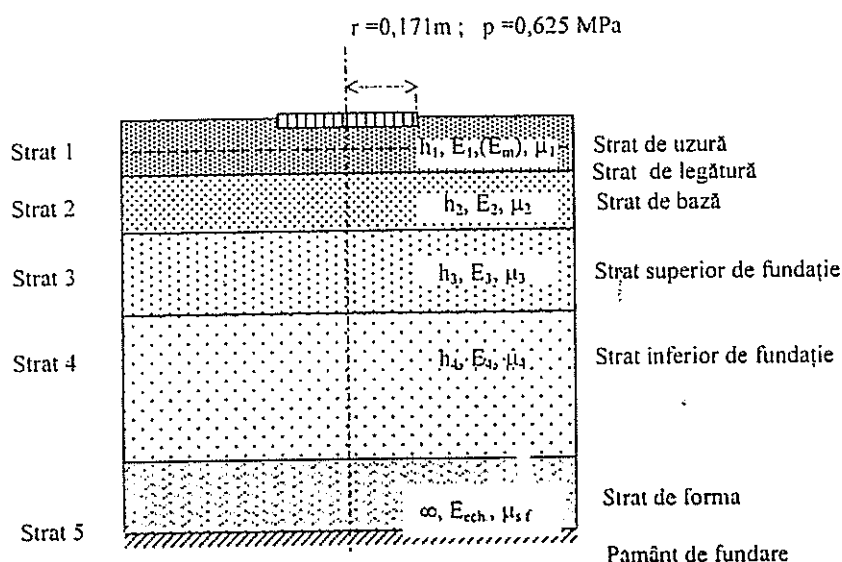


Figura VIII.2 Modelul structurii rutiere cu strat de formă

Modulul de elasticitate dinamic echivalent se stabilește în funcție de tipul stratului de formă, de modulul de elasticitate dinamic al materialelor din alcătuirea acestuia și de grosimea lui, cu ajutorul diagramelor din figurile V.3 ... V.7.

În cazurile în care structura rutieră are mai mult de patru straturi rutiere, două sau trei straturi rutiere, alcătuite din același tip de materiale (mixtură asfaltică sau piatră spartă) vor fi caracterizate prin:

- grosimea totală a pachetului de straturi, în cm;

- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat al pachetului respectiv de straturi rutiere,

care se calculează cu relația:

$$E_m = [\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i]^3 \quad (\text{MPa}) \quad (\text{VIII.2.1})$$

în care;

E_i este modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul i , în MPa;

h_i - grosimea stratului i , în cm.

- coeficientul lui Poisson, μ , care reprezintă valoarea comună a acestei caracteristici pentru straturile respective.

Se recomandă luarea în considerare a modulului de elasticitate mediu ponderat pentru straturile din mixtură asfaltică.

3. Programele pentru calculul deformațiilor specifice și tensiunilor în structura rutieră

Analiza structurii rutiere la solicitările sarcinilor din trafic reprezintă etapa de calcul al deformațiilor specifice și al tensiunilor în punctele critice ale structurii rutiere, prin puncte critice înțelegându-se acelea unde starea de solicitare este maximă.

Componentele deformațiilor specifice și cele ale tensiunilor care se calculează sunt corespunzătoare criteriilor de dimensionare implicate în metodologie și sunt diferite, în funcție de tipul structurii rutiere.

3.1. Dimensionarea structurilor rutiere pentru drumuri noi și pentru modernizarea sau lărgirea celor existente

- Structuri rutiere suple:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Calculul valorilor acestor deformații specifice se poate efectua cu programele de calcul CALDEROM sau CALDEROM - 2000.

- Structuri rutiere semirigide:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase;
- tensiunea orizontală de întindere (σ_r) la baza stratului/straturilor stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Calculul valorilor acestor deformații specifice și ale tensiunii orizontale de întindere se poate efectua numai cu programul de calcul CALDEROM - 2000.

Programul CALDEROM (CALculul DEformațiilor specifice în sistemele rutiere în România) face parte integrantă din Normativul pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică), indicativ AND 550.

Programul CALDEROM - 2000 permite și calculul tensiunilor orizontale la baza straturilor rutiere. El este dat în ANEXA 1 a acestui ghid.

3.2. Dimensionarea straturilor de ranforsare a structurilor rutiere existente

Soluția curent utilizată pentru ranforsarea drumurilor existente în România este execuția unor noi straturi bituminoase. Dimensionarea acestor straturi se face în conformitate cu prevederile normativului indicativ AND 550.

Rar utilizată este soluția de ranforsare cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici, în conformitate cu prevederile instrucțiunilor indicativ CD 152. Această soluție de ranforsare a fost utilizată cu bune rezultate înainte de anul 1989 în special de către DRDP Iași și este indicată reabilitării drumurilor județene, prezentând avantaje economice deosebite în cazurile în care grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare depășește 8 cm ... 10 cm.

Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare implică calculul următoarelor componente ale tensiunilor și ale deformațiilor specifice în structurile rutiere ranforsate:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase existente;

- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Calculul valorilor acestor deformații specifice se poate efectua cu programele de calcul CALDEROM sau CALDEROM - 2000.

Diferitele componente ale deformației specifice se calculează sub solicitarea semiosiei standard de 115 kN, cu următoarele caracteristici:

- | | |
|---|------------|
| - sarcina pe roțile duble | 57,5 kN; |
| - presiunea de contact | 0,625 MPa; |
| - raza suprafeței circulare echivalente suprafeței de contact pneu-drum | 0,171 m. |

4. Stabilirea comportării structurii rutiere la solicitările traficului

Ultima etapă de calcul a structurilor rutiere este compararea valorilor calculate ale deformațiilor specifice și ale tensiunilor cu cele admisibile, stabilite pe baza proprietăților de comportare a materialelor rutiere. Această operațiune reprezintă verificarea dacă structura rutieră

respectă criteriile de dimensionare, deci dacă poate prelua solicitările traficului pentru perioada de perspectivă luată în considerare.

Proprietățile de comportare luate în considerare diferă în funcție de categoria drumului sau a străzii și de traficul de calcul, după cum urmează:

4.1. Proprietățile de comportare ale materialelor din alcătuirea structurilor rutiere pentru autostrăzi, drumuri expres, drumuri naționale europene și drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s (1×10^6 o.s.115)

- pentru mixturile asfaltice din straturile bituminoase, legea de oboseală are următoarea expresie:

$$\varepsilon_{t adm} = 149,28 \times N_c^{-0,252} \quad (\text{microdeformații}) \quad (\text{VIII.4.1a})$$

sau

$$N_{adm} = 4,27 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3,97} \quad (\text{m.o.s}) \quad (\text{VIII.4.1b})$$

în care:

$\varepsilon_{r adm}$ este deformația specifică de întindere admisibilă, în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;

ε_r - deformația specifică radială de întindere, în microdeformații, calculată la baza straturilor bituminoase;

N_c - traficul de calcul, în milioane osii standard, calculat conform capitolului III;

N_{adm} - numărul de solicitări admisibil, în milioane osii standard.

Numărul de solicitări admisibil poate fi stabilit și cu ajutorul diagramei din figura VIII.3.

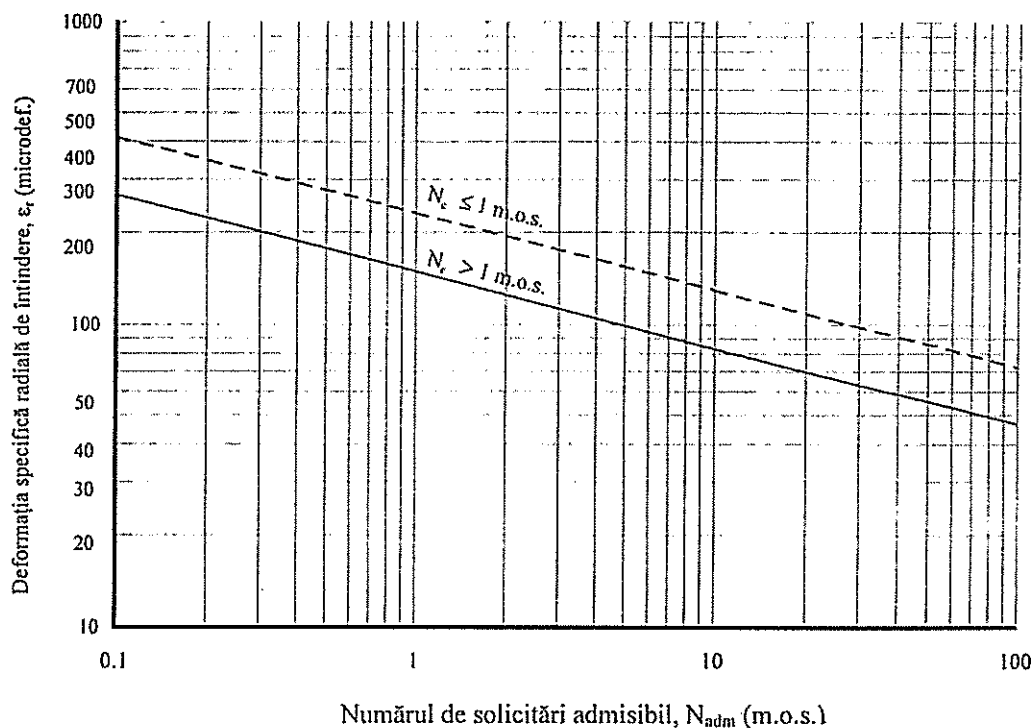


Figura VIII.3 Diagrama de stabilire a numărului de solicitări admisibil în funcție de deformația specifică orizontală de întindere la baza straturilor bituminoase

Criteriul deformației specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase este respectat dacă rata de degradare prin oboseală (RDO) are o valoare mai mică sau egală cu cea admisibilă.

Rata de degradare prin oboseală se calculează cu relația:

$$RDO = N_c / N_{adm} \quad (\text{VIII.4.2})$$

Grosimea necesară a straturilor bituminoase este cea pentru care RDO admisibil are următoarele valori:

- max. 0,80 pentru autostrăzi și drumuri expres;
- max. 0,85 pentru drumuri naționale europene;
- max. 0,90 pentru drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s.;
- **pentru agregatele naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici**, legea de oboseală are următoarea expresie:

$$\sigma_{r adm} = R_t (0,60 - 0,056 \log N_c) \quad (\text{MPa}) \quad (\text{VIII.4.3a})$$

în care :

- $\sigma_{r adm}$ este tensiunea radială de întindere admisibilă, în MPa, la baza stratului/straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
- N_c - traficul de calcul, în milioane osii standard, calculat conform capitolului III;
- R_t - rezistența la întindere de calcul a materialului, în MPa, conform tabelului VII.2.5,
- sau

$$\log N_{adm.} = 10,71 - 17,86 \times \sigma_r / R_t \quad (\text{VIII.4.3b})$$

în care:

- $N_{adm.}$ este numărul de solicitări admisibil, în milioane osii standard;
- σ_r - tensiunea radială de întindere, în MPa,

- **pentru pământul de fundare sau pentru materialele din stratul de formă**, la nivelul patului drumului, legea de deformare permanentă are următoarea expresie:

$$\varepsilon_{z adm} = 329 N_c^{-0,27} \quad (\text{microdeformații}) \quad (\text{VIII.4.4a})$$

în care:

- $\varepsilon_{z adm}$ este deformația specifică verticală admisibilă, în microdef., la nivelul patului drumului;
- N_c - traficul de calcul, în milioane osii standard, calculat conform capitolului III.
- Altfel exprimat:

$$N_{adm.} = 2,10 \times 10^9 \times \varepsilon_z^{-3,70} \quad (\text{m.o.s.}) \quad (\text{VIII.4.4b})$$

în care:

- $N_{adm.}$ este numărul de solicitări admisibil, în milioane osii standard;
- ε_z - deformația specifică verticală de compresiune, în microdef., calculată la nivelul patului drumului.

Deformația specifică verticală admisibilă se poate stabili și cu ajutorul diagramei din figura VIII.4.

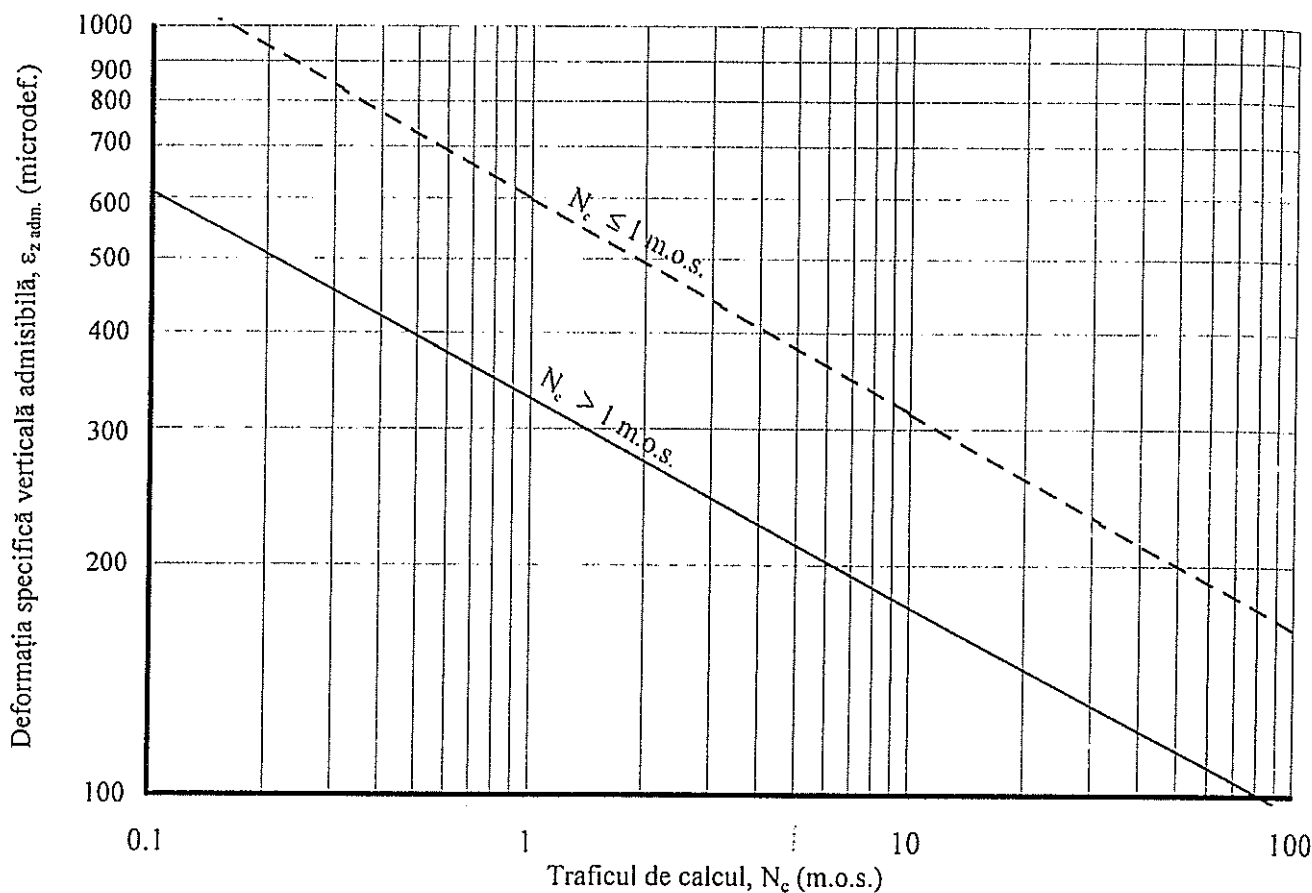


Figura VIII.4 Diagrama de stabilire a deformației specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare în funcție de traficul de calcul

4.2. Proprietățile de comportare ale materialelor din alcătuirea structurilor rutiere pentru drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s (1×10^6 o.s.115)

- pentru mixturile asfaltice din straturile bituminoase, legea de oboseală are următoarea expresie:

$$\varepsilon_{t \text{ adm}} = 231,75 \times N_c^{-0,252} \quad (\text{microdeformații}) \quad (\text{VIII.4.5a})$$

sau

$$N_{\text{adm}} = 24,50 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3,97} \quad (\text{m.o.s}) \quad (\text{VIII.4.5b})$$

în care:

$\varepsilon_{r \text{ adm}}$ este deformația specifică de întindere admisibilă, în microdef., la baza straturilor bituminoase;

ε_r - deformația specifică radială de întindere, în microdef. calculată la baza straturilor bituminoase;

N_c - traficul de calcul, în milioane osii standard, calculat conform capitolului III;

N_{adm} - numărul de solicitări admisibil, în milioane osii standard.

Numărul de solicitări admisibil poate fi stabilit și cu ajutorul diagramei din figura VIII.3.

Grosimea necesară a straturilor bituminoase este cea pentru care RDO admisibil are următoarele valori:

- max. 0,90 pentru drumuri naționale și străzi;
- max. 0,95 pentru drumuri naționale secundare;
- max. 1,00 pentru drumuri județene, comunale și vecinale.

- pentru agregatele naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, legea de oboseală are expresia VIII.4.3a sau VIII.4.3b.
- pentru pământul de fundare sau pentru materialele din stratul de formă, la nivelul patului drumului, legea de deformare permanentă are următoarea expresie:

$$\varepsilon_{z \text{ adm}} = 600 N_c^{-0,27} \quad (\text{microdeformații}) \quad (\text{VIII.4.6a})$$

în care:

$\varepsilon_{z \text{ adm}}$ este deformația specifică verticală admisibilă, în microdef., la nivelul patului drumului;

N_c - traficul de calcul, în milioane osii standard, calculat conform capitolului III.

Altfel exprimat:

$$N_{\text{adm.}} = 8,36 \times 10^9 \times \varepsilon_z^{-3,57} \quad (\text{m.o.s.}) \quad (\text{VIII.4.6b})$$

în care:

$N_{\text{adm.}}$ este numărul de solicitări admisibil, în milioane osii standard;

ε_z - deformația specifică verticală de compresiune, în microdef., calculată la nivelul patului drumului.

Deformația specifică verticală admisibilă se poate stabili și cu ajutorul diagramei din figura VIII.4..

În cazul în care structura rutieră nu respectă în mod concomitent toate criteriile de dimensionare, se va reanaliza structura rutieră, măbind grosimea unor straturi rutiere.

Modificarea grosimilor straturilor rutiere se bazează pe experiența proiectantului, luând în considerare criteriul de dimensionare care nu este respectat. Astfel, proiectantul trebuie să se familiarizeze cu modul de variație a mărimii diferitelor componente ale tensiunilor și ale deformațiilor specifice cu grosimea straturilor rutiere.

5. Factorul de preluare a solicitărilor

Variația grosimii unui strat rutier determină modificarea stării de solicitare a structurii rutiere, în consecință, a numărului de solicitări admisibil care poate fi preluat de aceasta. În coordonate semilogaritmice: grosimea stratului, h_i , - logaritmul numărului de solicitări admisibil, $\log N_{\text{adm. } i}$, corelațiile $N_{\text{adm. } i}$ sunt reprezentate în general prin drepte (conform figurii VIII.5), a cărei pantă ($\cotg \alpha$) poate reprezenta o caracteristică a materialului din stratul rutier.

Pentru grosimea h_j a stratului a cărei grosime se variază, se obține numărul de solicitări admisibil, $N_{\text{adm. } i}$, iar pentru grosimea h_j a acestui strat, $N_{\text{adm. } j}$.

Valoarea $\cotg \alpha$ capătă sensul unui factor de preluare a solicitărilor, având următoarea expresie:

$$\cotg \alpha = \frac{\log N_{\text{adm. } j} - \log N_{\text{adm. } i}}{h_j - h_i} \quad (\text{VIII.5.1})$$

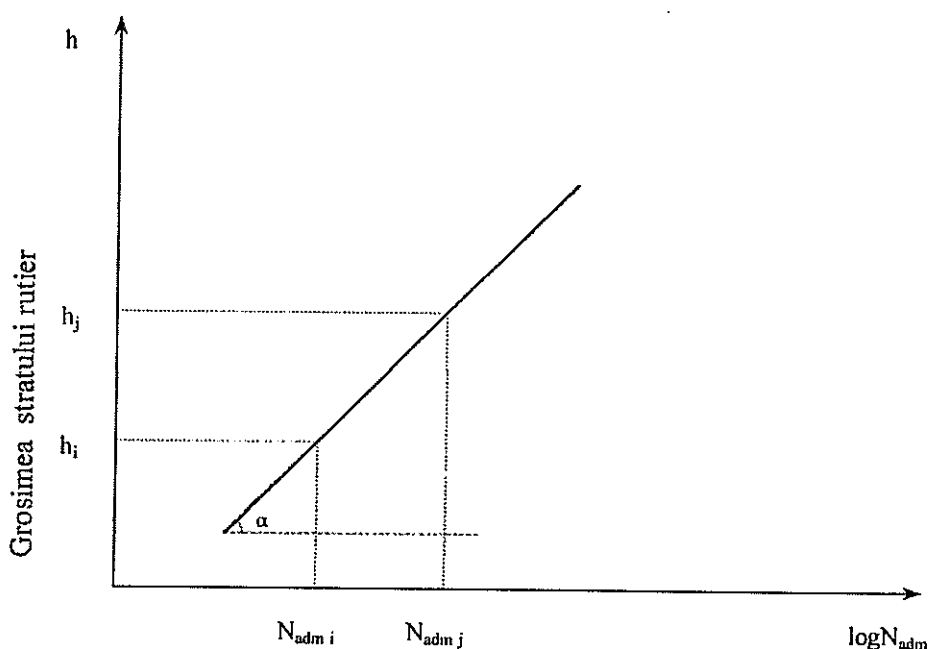


Figura VIII.5 Numărul de solicitări admisibil în funcție de grosimea unui strat rutier

și poate fi utilizată atunci când se cunoaște numărul de solicitări admisibil corespunzător unei grosimi a stratului respectiv, h_k , pentru calculul grosimii necesare a acestui strat (h), astfel încât structura rutieră să poată prelua traficul de calcul, N_c .

În acest scop, relația de calcul este:

$$h = (\log N_c - \log N_{adm.k}) / \cotg \alpha + h_k \quad (\text{VIII.5.2})$$

6. Influența variației grosimii straturilor rutiere asupra numărului de solicitări admisibil. Studii de caz.

6.1. Structuri rutiere suple

Pentru acest studiu de caz a fost luat în considerare un tronson de drum situat în zona climaterică II, a cărui complex rutier este caracterizat prin regim hidrologic 2b. Pământul de fundare este de tipul P_4 .

Tronsonul de drum este situat pe un drum național principal și are un trafic de calcul de 1,20 m.o.s. (milioane osii standard de 115 kN).

Se adoptă alcătuirea structurii rutiere din tabelul VIII.1.

Valorile parametrilor de calcul (modulul de elasticitate dinamic, E și coeficientul lui Poisson, μ) au fost stabilite în modul următor:

- pentru betonul asfaltic din stratul de uzură și din stratul de legătură ale îmbrăcăminții bituminoase, conform capitolului VII, tabelul VII.3.43;
- pentru mixtura asfaltică pentru stratul de bază, conform capitolului VII, tabelul VII.3.43;
- pentru piatra spartă amestec optimal, conform capitolului VII, tabelul VII.1.4;
- pentru balastul din stratul inferior de fundație, conform capitolului VII, relația VII.1.2;
- pentru pământul de fundare tip P_4 , conform capitolului V, tabelele V.11 și V.12.

Alcătuirea structurii rutiere

Tabelul VIII.1

Denumirea materialului din strat	Grosimea, h, cm	E, MPa	μ
Beton asfaltic pentru stratul de uzură	4	3600	0,35
Beton asfaltic pentru stratul de legătură	5	3000	0,35
Mixtură asfaltică pentru stratul de bază	7	5000	0,35
Piatră spartă amestec optimal pentru fundație	22	600	0,27
Balast pentru stratul inferior de fundație	15	133	0,27
Pământ de fundare	∞	70	0,35

Se calculează următoarele componente ale deformației:

- ϵ_r , în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;
- ϵ_z , în microdeformații, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul VIII.2. În acest tabel sunt date și numerele de solicitări admisibile, calculate pe baza celor două criterii de dimensionare, conform capitolului VIII, punctul 4.1.

Tabelul VIII.2

ϵ_r , microdef.	132
ϵ_z , microdef.	412
$N_{adm}(\epsilon_r)$, m.o.s	1,628
$N_{adm}(\epsilon_z)$, m.o.s.	0,444

Pentru traficul de calcul de 1,20 m.o.s., $RDO = 1,20/1,628 = 0,74$, deci este respectată condiția $RDO = \max.0,85$.

Deformația specifică verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare, calculată cu relația VIII.4.a este 313 microdef., deci la acest nivel nu este respectat criteriul $\epsilon_z \leq \epsilon_{z adm}$. Acest lucru este evidențiat și de numărul de solicitări admisibil de 0,444 m.o.s., mai mic decât traficul de calcul.

Se impune deci o modificare a grosimii unui strat rutier. Au fost luate în considerare următoarele cazuri:

- *Modificarea grosimii stratului de bază, din 2 în 2 cm, până la grosimea de 15 cm.*

Rezultatele calculelor deformațiilor specifice și ale numerelor de solicitări admisibile sunt date în tabelul VIII.3.

Tabelul VIII.3

Grosimea stratului de bază, cm	7	9	11	13	15
ϵ_r , microdef.	132	122	112	103	93,8
ϵ_z , microdef.	412	368	330	297	268
$N_{adm}(\epsilon_r)$, m.o.s	1,446	2,226	3,126	4,360	6,321
$N_{adm}(\epsilon_z)$, m.o.s.	0,444	0,674	1,009	1,489	2,178

Din examinarea acestui tabel, prin interpolare, reiese că pentru grosimea stratului de bază de 12 cm, este respectat și criteriul deformației specifice verticale la nivelul patului drumului.

Din examinarea acestui tabel rezultă că variația grosimii acestui strat are o influență deosebită asupra numărului de solicitări admisibil, atât asupra capacității de preluare a solicitărilor la baza straturilor bituminoase, cât și la nivelul pământului de fundare.

Se pune problema dacă și prin modificarea grosimii celorlalte straturi rutiere, criteriile de dimensionare nu pot fi respectate.

- *Modificarea grosimii stratului de fundație din piatră spartă amestec optimal, din 2 în 2 cm, până la grosimea de 30 cm.*

Rezultatele calculelor deformațiilor specifice și ale numerelor de solicitări admisibile sunt date în tabelul VIII.4.

Tabelul VIII.4

Grosimea stratului de fundație din piatră spartă, cm	22	24	26	28	30
ϵ_r , microdef.	132	129	126	124	122
ϵ_z , microdef.	412	387	365	344	324
$N_{adm}(\epsilon_r)$, m.o.s	1,628	1,784	1,959	2,087	2,226
$N_{adm}(\epsilon_z)$, m.o.s.	0,444	0,559	0,695	0,865	1,079

Din examinarea acestui tabel reiese că pentru un strat de fundație din piatră spartă amestec optimal, cu grosimea de maximum 30 cm, deformația specifică verticală la nivelul patului drumului nu scade astfel încât să fie respectat criteriul deformației specifice verticale admisibile la acest nivel.

Din examinarea acestui tabel rezultă că variația grosimii acestui strat are o influență redusă asupra numărului de solicitări admisibil la baza straturilor bituminoase și mai mare asupra capacității de preluare a solicitărilor la nivelul pământului de fundare.

- *Modificarea grosimii stratului inferior de fundație din balast, din 5 în 5 cm, până la grosimea maximă de 30 cm.*

Rezultatele calculelor deformațiilor specifice și ale numerelor de solicitări admisibile sunt date în tabelul VIII.5.

Tabelul VIII.5

Grosimea stratului inferior de fundație din balast, cm	15	20	25	30
ϵ_r , microdef.	132	130	127	126
ϵ_z , microdef.	412	368	328	293
$N_{adm}(\epsilon_r)$, m.o.s	1,628	1,730	1,898	1,959
$N_{adm}(\epsilon_z)$, m.o.s.	0,444	0,674	1,032	1,566

Din examinarea acestui tabel reiese că pentru un strat inferior de fundație din balast cu grosimea de maximum 30 cm, deformația specifică verticală la nivelul patului drumului este mai mică decât valoarea ei admisibilă, de 313 microdef. Prin interpolare, se obține grosimea necesară a stratului de fundație din balast de 28 cm.

Din examinarea acestui tabel rezultă că variația grosimii acestui strat are o influență redusă asupra numărului de solicitări admisibil la baza straturilor bituminoase și mai mare asupra capacității de preluare a solicitărilor la nivelul pământului de fundare.

Structura rutieră a cărei alcătuire respectă ambele criterii de dimensionare este:

- îmbrăcămintă bituminoasă 9 cm;
- strat de bază din mixtură asfaltică 7 cm;
- strat de fundație din piatră spartă, amestec optimal 22 cm;
- strat inferior de fundație din balast 28 cm.

6.2. Structuri rutiere semirigide.

Pentru acest studiu de caz a fost luat în considerare un tronson de drum, situat în zona climaterică I, a cărui complex rutier este caracterizat prin regim hidrologic 2b. Pământul de fundare este de tipul P₄.

Tronsonul de drum este situat pe un drum național principal și are un trafic de calcul de 1,80 m.o.s. (milioane osii standard de 115 kN).

Se adoptă alcătuirea structurii rutiere din tabelul VIII.6.

Valorile parametrilor de calcul (modulul de elasticitate dinamic, E și coeficientul lui Poisson, μ) au fost stabilite în modul următor:

- pentru betonul asfaltic din stratul de uzură și din stratul de legătură ale îmbrăcămintei bituminoase, conform capitolului VII, tabelul VII.3.43;

- pentru mixtura asfaltică pentru stratul de bază, conform capitolului VII, tabelul VII.3.43;
- pentru agregatele naturale stabilizate cu ciment, conform capitolului VII, tabelul VII.2.5, fiind corespunzători unui strat de fundație;
- pentru balastul din stratul inferior de fundație, conform capitolului VII., relația VII.1.2, pentru $E_p = 70$ MPa;
- pentru pământul de fundare tip P_4 , conform capitolului V, tabelele V.11 și V.12.

Alcătuirea structurii rutiere

Tabelul VIII.6

Denumirea materialului din strat	Grosimea, h, cm	E, MPa	μ
Beton asfaltic pentru stratul de uzură	4	3600	0,35
Beton asfaltic pentru stratul de legătură	5	3000	0,35
Mixtură asfaltică pentru stratul de bază	5	5000	0,35
Agregate naturale stabilizate cu ciment	20	1000	0,25
Balast pentru stratul inferior de fundație	25	168	0,27
Pământ de fundare	∞	70	0,35

Se calculează următoarele componente ale deformației și ale tensiunii:

- ϵ_r , în microdeformații, la baza straturilor bituminoase;
- σ_r , în MPa, la baza stratului stabilizat cu ciment;
- ϵ_z , în microdeformații, la nivelul patului drumului;

Rezultatele sunt date în tabelul VIII.7. În acest tabel sunt date și numerele de solicitări admisibile, calculate pe baza celor trei criterii de dimensionare, conform capitolului VIII, punctul 4.1.

Tabelul VIII.7

ϵ_r , microdef.	96,5
σ_r , MPa	0,207
ϵ_z , microdef.	342
$N_{adm}(\epsilon_r)$, m.o.s	5,647
$N_{adm}(\sigma_r)$, m.o.s	1,403
$N_{adm}(\epsilon_z)$, m.o.s	0,884

Din examinarea acestui tabel rezultă că straturile bituminoase, cu grosime minimă constructivă, pot prelua un număr de solicitări mult mai mare decât traficul de calcul de 1,80 m.o.s...

La baza stratului de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment, tensiunea de întindere admisibilă, calculată cu relația VIII.4.3a este:

$$\sigma_{r adm.} = 0,35(0,60 - 0,056 \log 1,80) = 0,205 \text{ MPa}$$

mai mică decât cea din tabelul VIII.7, numărul de solicitări admisibil fiind de 1,403 m.o.s., deci mai mic decât traficul de calcul.

Deformația specifică verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare, calculată cu relația VIII.4.4a este 281 microdeformații, deci la acest nivel nu este respectat nici criteriul $\epsilon_z \leq \epsilon_{z adm.}$. Acest lucru este evidențiat și de numărul de solicitări admisibil de 0,884 m.o.s., mai mic decât traficul de calcul.

Se impune deci o modificare a grosimii unui strat rutier. Au fost luate în considerare următoarele cazuri:

- Modificarea grosimii stratului de bază, din 2 în 2 cm, până la grosimea de 11 cm.

Rezultatele calculelor deformațiilor specifice și ale numerelor de solicitări admisibile sunt date în tabelul VIII.8.

Tabelul VIII.8

Grosimea stratului de bază, cm	5	7	9	11
ε_r , microdef.	96,5	94,5	90,2	84,8
σ_r , MPa	0,207	0,185	0,166	0,149
ε_z , microdef.	342	310	281	256
$N_{adm.}(\varepsilon_r)$, m.o.s	5,647	6,137	7,383	9,434
$N_{adm.}(\sigma_r)$, m.o.s.	1,403	18,609	173,484	1278,620
$N_{adm.}(\varepsilon_z)$, m.o.s.	0,884	1,271	1,828	2,581

Din examinarea acestui tabel reiese că pentru grosimea stratului de bază de 9 cm, sunt respectate criteriul tensiunii de întindere admisibile la baza stratului stabilizat cu ciment și criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul patului drumului.

Rezultă că variația grosimii acestui strat are o influență deosebită asupra numărului de solicitări admisibil care poate fi preluat de stratul stabilizat cu ciment și o influență mai redusă asupra capacității de preluare a solicitărilor la nivelul pământului de fundare.

- *Modificarea grosimii stratului de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment, din 5 în 5 cm, și anume, 15 cm, 20 cm și 25 cm.*

Rezultatele calculelor stării de solicitare și ale numerelor de solicitări admisibile sunt date în tabelul VIII 9.

Tabelul VIII.9

Grosimea stratului de fundație stabilizat cu ciment, cm	15	20	25
ε_r , microdef.	110	96,5	89,1
σ_r , MPa	0,250	0,207	0,172
ε_z , microdef.	411	342	288
$N_{adm.}(\varepsilon_r)$, m.o.s	3,358	5,647	7,752
$N_{adm.}(\sigma_r)$, m.o.s.	0,009	1,403	85,721
$N_{adm.}(\varepsilon_z)$, m.o.s.	0,448	0,884	1,669

Din examinarea acestui tabel reiese că pentru un strat de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment cu grosimea de 26 cm (obținută prin interpolare), deformația specifică verticală la nivelul patului drumului are o valoare egală cu cea admisibilă.

Din examinarea acestui tabel rezultă că variația grosimii acestui strat are o influență accentuată asupra numărului de solicitări admisibil la baza straturilor bituminoase și la nivelul patului drumului și foarte mare la baza stratului stabilizat cu ciment.

- *Modificarea grosimii stratului inferior de fundație din balast, din 5 în 5 cm, până la grosimea maximă de 30 cm.*

Rezultatele calculelor deformațiilor specifice și ale numerelor de solicitări admisibile sunt date în tabelul VIII.10.

Tabelul VIII.10

Grosimea stratului inferior de fundație din balast, cm	15	20	25	30
ε_r , microdef.	99,7	97,9	96,5	95,0
σ_r , MPa	0,223	0,208	0,207	0,183
ε_z , microdef.	404	362	342	290
$N_{adm.}(\varepsilon_r)$, m.o.s	4,961	5,334	5,647	6,010
$N_{adm.}(\sigma_r)$, m.o.s.	0,136	1,359	1,403	63,096
$N_{adm.}(\varepsilon_z)$, m.o.s.	0,477	0,716	0,884	1,627

Din examinarea acestui tabel reiese că pentru o grosime a stratului inferior de fundație din balast de 30 cm, care este maxim recomandată, deformația specifică verticală la nivelul patului

drumului rămâne mai mare decât valoarea ei admisibilă, de 281 microdef. Rezultă că nu are rost mărirea grosimii stratului inferior de fundație din balast.

Variația grosimii stratului de fundație din balast are deci o influență redusă asupra numărului de solicitări admisibil la baza straturilor bituminoase și la nivelul pământului de fundare și mai mare asupra capacității de preluare a solicitărilor a stratului stabilizat cu ciment.

Structura rutieră semirigidă care respectă cele trei criterii de dimensionare poate avea două variante de alcătuire și anume:

Varianta de alcătuire	a.	b.
- îmbrăcăminte bituminoasă, cm	9	9
- strat de bază din mixtură asfaltică, cm	9	5
- strat de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment, cm	20	26
- strat inferior de fundație din balast, cm	25	25

Varianta de alcătuire a structurii rutiere se stabilește pe criteriul rezistenței la acțiunea fenomenului de îngheț – dezgheț și pe considerente economice.

PROGRAMUL PENTRU CALCULUL TENSIUNILOR ȘI DEFORMAȚIILOR SPECIFICE ÎN STRUCTURILE RUTIERE DIN ROMANIA CALDEROM 2000

1. GENERALITATI

Programul CALDEROM 2000 se utilizează la calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice în structurile rutiere, sub solicitarea statică a semiosiei standard de 57,5 kN.

Programul se bazează pe rezolvarea analitică, cu ajutorul modelului Burmister, a stării de tensiune și de deformație sub sarcină a structurii rutiere.

2. IPOTEZE DE CALCUL

Programul CALDEROM se bazează pe următoarele ipoteze de calcul:

- structura rutieră este solicitată de o sarcină circulară cu presiunea verticală uniformă, reprezentând greutatea semiosiei standard cu roți gemene, transmisă pe o suprafață circulară echivalentă suprafeței de contact pneu - drum.

Caracteristicile sarcinii și anume:

- sarcina pe roțile gemene: 57,5 kN;
- presiunea de contact: 0,625 MPa;
- raza suprafeței de contact: 17,1 cm,

constituie date primare, constante, ale programului CALDEROM 2000.

- structura rutieră și pământul de fundare sunt considerate un mediu multistrat (maximum cinci straturi), în care fiecare strat rutier este considerat un solid elastic liniar, izotrop și omogen, infinit în plan orizontal și cu grosime finită, cu excepția pământului de fundare, considerat semiinfinit;

- între straturile rutiere există aderență.

Punctele de calcul ale tensiunilor și deformațiilor specifice sunt situate într-un profil vertical în centrul sarcinii, la limita între straturi.

Calculul tensiunilor și al deformațiilor specifice se efectuează în următoarele puncte:

- la partea inferioară a straturilor bituminoase;
- la partea inferioară a stratului / straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
- la partea inferioară a structurii rutiere (la nivelul patului drumului).

3. MODUL DE REZOLVARE A PROBLEMEI MECANICE

Problema mecanică constă din verificarea echilibrului sub o sarcină exterioară a unui solid elastic liniar izotrop.

Ecuatiile de echilibru și relațiile existente între tensiunile și deformațiile specifice, conform mecanicii mediilor continue, într-un profil axisimetric, au următoarele expresii:

$$\nabla^2(r,z) = 0$$

în care ∇ este operatorul bi-armonic, cu următoarea expresie:

$$\nabla^2 = \left(\frac{\delta^2}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \frac{\delta}{\delta r} + \frac{\delta^2}{\delta z^2} \right)^2$$

Problema echilibrului sub o sarcină exterioară a unui mediu elastic liniar izotrop presupune următoarele:

- **cunoașterea relațiilor între tensiuni și deformații specifice, conform mecanicii mediilor continuu.** Aceste relații, în coordonate cilindrice (figura 1) sunt:

$$\sigma_r = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left\{ (1-\nu) \frac{\delta u}{\delta r} + \nu \left(\frac{u}{r} + \frac{\delta w}{\delta z} \right) \right\}$$

$$\sigma_\theta = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left\{ (1-\nu) \frac{u}{r} + \nu \left(\frac{\delta u}{\delta r} + \frac{\delta w}{\delta z} \right) \right\}$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left\{ (1-\nu) \frac{\delta w}{\delta z} + \nu \left(\frac{u}{r} + \frac{\delta u}{\delta r} \right) \right\}$$

$$\tau_{rz} = \frac{E}{2(1+\nu)} \left\{ \frac{\delta u}{\delta z} + \frac{\delta w}{\delta r} \right\}$$

- **verificarea ecuațiilor de echilibru într-un punct**

$$\frac{\delta \sigma_r}{\delta r} + \frac{\delta \tau_{rz}}{\delta z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0$$

$$\frac{\delta \tau_{rz}}{\delta r} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta z} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0$$

Soluția problemei a fost dată de Love în termeni de deplasare specifică, punând:

$$u = -\frac{1+\nu}{E} \left\{ \frac{\delta^2 \varphi}{\sigma_r \sigma_z} \right\}$$

$$w = \frac{1+\nu}{E} \left\{ 2(1-\nu) \nabla \varphi - \frac{\delta^2 \varphi}{\delta z^2} \right\}$$

cu φ o funcție de variabilele r și z : $\varphi = \varphi(r, z)$

Ecuațiile de echilibru sunt verificate sub rezerva ca: $\nabla^2 \varphi(r, z) = 0$, în care φ este o funcție bi-armonică.

Căutarea soluțiilor acestei ecuații este facilitată, dacă în prealabil se efectuează o transformare Henkel, prin care ecuația $\nabla^2 \varphi(r, z) = 0$ devine mai simplă.

Cunoscând φ , este posibil să se determine u și w , apoi tensiunile cu următoarele expresii:

$$\sigma_z = \frac{\delta}{\delta z} \left\{ (2-\nu) \nabla \varphi - \frac{\delta^2 \varphi}{\delta z^2} \right\}$$

$$\sigma_r = \frac{\delta}{\delta z} \left\{ v \nabla \varphi - \frac{\delta^2 \varphi}{\delta r^2} \right\}$$

$$\sigma_\theta = \frac{\delta}{\delta z} \left\{ v \nabla \varphi - \frac{1}{r} \frac{\delta^2 \varphi}{\delta z^2} \right\}$$

$$\tau_{rz} = \frac{\delta}{\delta r} \left\{ (1 - \nu) \nabla \varphi - \frac{\delta^2 \varphi}{\delta z^2} \right\}$$

În coordonate axisimetrice se obțin deci pentru sarcina de calcul următoarele rezultate:

- tensiunile: $\sigma_r(r,z)$, $\sigma_\theta(r,z)$, $\sigma_z(r,z)$ și $\tau_{rz}(r,z)$, conform figurii 1;
- deplasările orizontale $u(r,z)$ și verticale $v(r,z)$;
- deformațiile specifice corespunzătoare.

Componentele tensorului de tensiune σ și de deformație specifică ε în $r\theta$ și θz sunt nule și deci, nu se calculează.

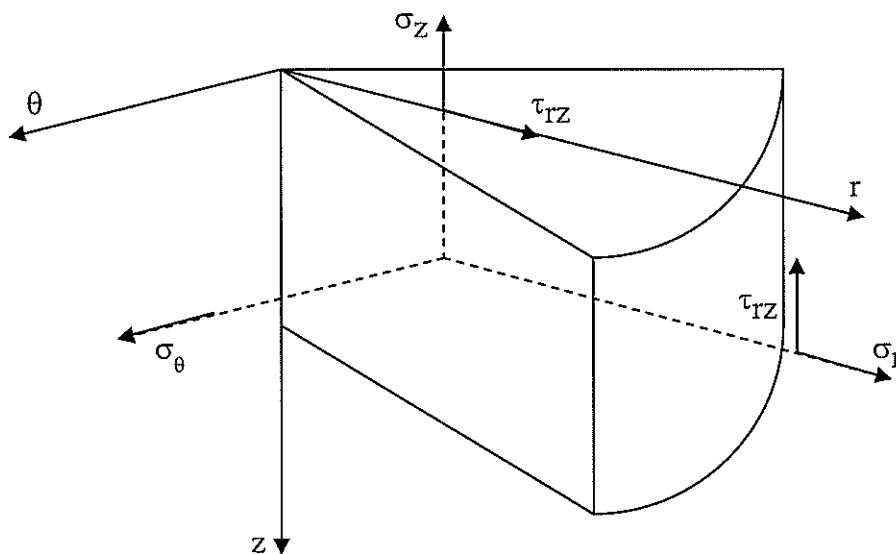


Figura 1. Rezultatele în reper axisimetric ale tensiunilor

Ipoteza elasticității liniare a modelului permite de a suprapune într-un reper axisimetric efectele diferitelor sollicitări, în termeni de:

- tensiune: σ_r , σ_z ;
- deformație specifică: ε_r , ε_z

4. DATELE DE INTRARE

Numărul straturilor reprezintă straturile structurii rutiere plus pământul de fundare.

Caracteristicile straturilor bituminoase care alcatuiesc îmbrăcămintea, eventual și stratul de bază din mixtura asfaltică, considerate stratul 1, sunt:

- grosimea totală estimată (minim 8 cm), în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, în MPa, calculat conform relației:

$$E_m = [\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i]^3 \quad (\text{MPa})$$

în care:

- E_i este modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul i , în MPa;
- h_i - grosimea stratului i , în cm.
- coeficientul lui Poisson.

Caracteristicile fiecărui strat rutier existent - straturile 2...4 - sunt:

- grosimea, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic, în cm;
- coeficientul lui Poisson.

Caracteristicile de deformabilitate ale terenului (pământului) de fundare sau ale sistemului strat de formă teren de fundare - stratul 5 - sunt:

- modulul de elasticitate dinamic, în MPa;
- coeficientul lui Poisson.

Valorile acestor caracteristici sunt conform capitolului VII.

Se menționează că în cazul în care sistemul rutier are mai mult de 4 straturi (inclusiv pământul de fundare), două sau trei straturi rutiere, alcătuite din materiale granulare, pot fi caracterizate prin:

- grosimea totală a acestora, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, calculat cu relația de mai sus;
- coeficientul lui Poisson.

Adâncimile de calcul ale tensiunilor și deformațiilor specifice sunt:

- la baza straturilor bituminoase, în cm;
- la baza stratului / straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în cm;
- la nivelul patului drumului, în cm.

Un exemplu de date de intrare este dat în cap.6 din anexă.

5. UTILIZAREA PRACTICĂ A PROGRAMULUI CALDEROM 2000

5.1. Conținutul dischetei

Discheta conține următoarele fișiere:

- un fișier executabil: **calderom2000.exe;**
- un fișier necesar rulării programului: **dosxmsf.exe;**
- un fișier cu date de ieșire: **rezultat.dat.**

5.2. Instalarea programului

Se creează un director numit CALDEROM 2000, în care se copiază fișierele de la pct.5.1.

5.3. Rularea programului

Se lansează în execuție fișierul executabil: **calderom2000.exe.**

Datele de intrare se introduc în mod interactiv, conform pct.4.

După rularea corectă a fișierului **calderom2000.exe**, se generează fișierul de date de ieșire **rezultat.dat**, care poate fi tipărit.

Fișierul de date de ieșire **rezultat.dat** conține următoarele date, conform exemplului din cap.6 din anexă:

- denumirea drumului;
- sectorul omogen investigat;
- recapitularea datelor primare privind caracteristicile sarcinii;
- recapitularea datelor de intrare privind caracteristicile straturilor rutiere;
- rezultatele calculelor efectuate și anume:
 - R - distanța punctului de calcul față de profilul longitudinal, care este în toate cazurile egal cu 0 cm, conform ipotezei de calcul;
 - Z - adâncimea, în cm, a punctelor de calcul;

ATENȚIE: În cazul structurilor rutiere suple, adâncimea punctului de calcul al tensiunii la baza stratului din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici este 0.
Semnul – înainte de valoarea adâncimii înseamnă că punctul de calcul este la baza stratului;
Fără semn înainte de valoarea adâncimii înseamnă că punctul de calcul este la partea superioară a stratului de dedesubt.
Semnul – înainte de valoarea deformației specifice sau de cea a tensiunii indică compresiune, iar fără semn, întindere.

Deformația specifică orizontală (epsilon r), se exprimă în microdeformații;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformația specifică orizontală de întindere la baza straturilor bituminoase.
În exemplul din cap.6 din anexă, pentru $Z = -16,00$ cm, DEFORMAȚIA SPECIFICĂ ORIZONTALĂ DE ÎNTINDERE este $.142E+03$, ceea ce înseamnă $\epsilon_r = 142$ microdef.

Tensiunea orizontală (sigma r), se exprimă în MPa;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată tensiunea specifică orizontală de întindere la baza stratului / straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.
În exemplul din cap.6 din anexă, pentru $Z = -36,00$ cm, TENSIUNEA ORIZONTALĂ este $.793E - 01$, ceea ce înseamnă $\sigma_r = 0.079$ MPa.

Deformația specifică verticală (epsilon z), se exprimă în microdeformații;

ATENȚIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformația specifică verticală la nivelul patului drumului.
În exemplul din cap.6 din anexă, pentru $Z = 71,00$ cm, DEFORMAȚIA SPECIFICĂ VERTICALĂ este $-.231E+03$, ceea ce înseamnă $\epsilon_z = 231$ microdef.

6. EXEMPLU DE CALCUL

DRUM: DN 55

Sector omogen: km 20+500 - 22+800

Parametrii problemei sunt

Sarcina..... 57.50 kN
Presiunea pneului 0.625 MPa
Raza cercului 17.11 cm

Stratul 1: Modulul 3300. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 8.00 cm
Stratul 2: Modulul 3000. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 8.00 cm
Stratul 3: Modulul 600. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 20.00 cm
Stratul 4: Modulul 250. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 35.00 cm
Stratul 5: Modulul 100. MPa, Coeficientul Poisson .300 si e semifinit

REZULTATE:

R	Z	sigma r	epsilon r	epsilon z
cm	cm	MPa	microdef	microdef
.0	-16.00	.519E+00	.142E+03	-.204E+03
.0	16.00	.242E-01	.142E+03	-.437E+03
.0	-36.00	.793E-01	.130E+03	-.197E+03
.0	36.00	.168E-01	.130E+03	-.337E+03
.0	-71.00	.216E-01	.861E+02	-.131E+03
.0	71.00	.322E-02	.861E+02	-.231E+03

ASPECTE ALE DEGRADĂRILOR STRUCTURILOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE

Performanța structurii rutiere este măsura în care aceasta îndeplinește obiectivele principale pentru care a fost construită. Cele mai importante dintre obiective sunt următoarele:

- economii maxime sau cel puțin rezonabile pentru administratori și utilizatori;
- siguranță în exploatare maximă sau cel puțin adecvată;
- viabilitate maximă sau cel puțin rezonabilă pe toată perioada de exploatare.

Conceptul de performanță poate fi diferențiat în:

- performanță structurală;
- performanță funcțională.

Teoretic, atât performanța structurală, cât și cea funcțională, se corelează cu starea de degradare, care afectează capacitatea de preluare de către structura rutieră a solicitărilor datorate traficului și caracteristicile funcționale ale drumului.

Starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase este considerată că reflectă "sănătatea" structurii rutiere. Ea este considerată că poate da informații atât asupra capacității portante a structurii rutiere, cât și asupra capacității funcționale a drumului.

Mecanismele de degradare au fost clasificate în cadrul Acțiunii COST 333, de la cele mai importante la cele mai puțin importante, în modul următor:

1. producerea fâgașelor în straturile bituminoase;
2. fisurarea inițiată la suprafața îmbrăcămintei bituminoase;
3. denivelarea longitudinală;
4. pierderea rezistenței la alunecare;
5. fisurarea longitudinală pe urma roților;
6. fisurarea inițiată la partea inferioară a stratului de bază bituminos sau a stratului stabilizat;
7. fisurarea reflectivă a suprafeței și anume transmiterea la suprafață a fisurilor datorate contracției hidraulice a straturilor stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici;
8. dezgrădinarea la suprafață a îmbrăcămintei bituminoase;
9. producerea de fâgașe la nivelul patului drumului;
10. umflarea din îngheț;
11. uzura îmbrăcămintei bituminoase datorită circulației;
12. fisurarea la temperaturi scăzute.

Dimensionarea structurii rutiere are drept scop minimizarea acțiunii mecanismelor de degradare. Nici o metodă de dimensionare nu poate lua în considerare toate mecanismele de degradare. Metodele analitice de dimensionare utilizate în majoritatea țărilor europene, ca și în țara noastră, se bazează pe următoarele criterii:

- deformația specifică de întindere admisibilă la partea inferioară a straturilor bituminoase, în cazul structurilor rutiere suple;
- tensiunea orizontală de întindere admisibilă la baza stratului stabilizat cu lianți hidraulici sau puzzolanici, în cazul structurilor rutiere semirigide;
- deformația specifică de compresiune admisibilă la nivelul patului drumului, în cazul ambelor tipuri de structuri rutiere.

Rezultă că mecanismul de degradare acceptat conform primului criteriu de dimensionare este oboseala la întindere repetată a straturilor bituminoase. Procesul de fisurare începe la partea inferioară a pachetului de straturi bituminoase, cu aderență între ele. După o durată de timp, în funcție de numărul de solicitări și de grosimea straturilor bituminoase, fisurile se extind pe toată grosimea acestora și apar la suprafața îmbrăcămintei bituminoase. Legea de oboseală utilizată este corelată cu condiția acceptată a suprafeței rutiere la sfârșitul duratei de viață. Astfel:

- la dimensionarea drumurilor mai importante, cu un trafic de calcul de peste un milion osii standard, durata de viață este până la condiția "critică", definită de prima apariție a fisurilor pe urma roților;
- la dimensionarea drumurilor mai puțin importante, cu un trafic de calcul de cel mult un milion de osii, durata de viață este până la condiția "degradare", definită prin existența unor suprafețe fisurate mari pe urma roților.

Acest mecanism de degradare se situează după clasificarea Acțiunii COST 333 pe locurile 5 și 6.

Al doilea mecanism de degradare, specific structurilor rutiere semirigide, este oboseala la întindere repetată a stratului din materiale granulare stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Procesul de fisurare începe la partea inferioară a acestui strat. După o perioadă de timp, în funcție de numărul de solicitări și de grosimea stratului stabilizat și a pachetului de straturi bituminoase, fisurile apar la suprafața îmbrăcămintei bituminoase. Legea de oboseală adoptată este aceeași pentru toate drumurile, durata de viață fiind până la condiția "critică", definită de prima apariție a fisurilor pe urma roților. În general, grosimea straturilor bituminoase trebuie să îndeplinească condiția unui minim necesar, astfel ca procesul de fisurare reflectivă să fie încetinit. În aceste condiții, respectarea criteriului tensiunii orizontale de întindere admisibile la baza stratului stabilizat nu ridică probleme.

Cel de al treilea criteriu de dimensionare ia în considerare legile de deformare permanentă ale pământului de fundare și sunt diferite, în funcție de importanța drumului:

- la dimensionarea drumurilor mai importante, cu un trafic de calcul de peste un milion osii standard, durata de viață este până la condiția "critică", definită de apariția pe urma roților a unui fâgaș cu adâncimea de 10 mm;
- la dimensionarea drumurilor mai puțin importante, cu un trafic de calcul de cel mult un milion de osii, durata de viață este până la condiția "degradare", definită de apariția pe urma roților a unui fâgaș cu adâncimea de 20 mm.

Fâgașele, inițial produse la nivelul patului drumului, se transmit în final, la suprafața îmbrăcămintei bituminoase. Acest mecanism de degradare este specific structurilor rutiere suple pe drumurile județene, alcătuite din straturi bituminoase relativ reduse pe straturi de fundație din materiale granulare. Pentru rețelele de drumuri din alte țări europene, acest mecanism de degradare se situează abia pe locul 9.

Modul de manifestarea a mecanismelor de degradare este determinat și de proprietățile materialelor din straturile rutiere. O clasificare a factorilor ce determină comportarea și performanțele mixturii asfaltice, ale materialelor granulare și ale pământului de fundare a fost realizată în cadrul Acțiunii COST 324. Aceste clasificări sunt date în tabelele 1, 2 și 3.

Părerea unanimă a specialiștilor COST este că comportarea în exploatare a straturilor bituminoase este determinată în cea mai mare măsură de conținutul de bitum, apoi de gradul de compactare și de grosimea stratului bituminos. Conținutul optim de bitum trebuie să asigure atât stabilitatea mixturii asfaltice, deci manifestarea procesului de producere a fâgașelor în stratul bituminos să fie cât mai redusă, cât și durabilitatea sau rezistența la oboseală a stratului bituminos.

Defecțiunile suprafeței de rulare (suprafață șlefuită, suprafață exsudată și suprafață șiroită) și cele ale îmbrăcămintei (peladă, văluriri și refulări, suprafață poroasă, cu ciupituri sau încrețită, praguri și rupturi de margini) sunt considerate defecțiuni ușoare sau cel mult mijlocii și nu afectează capacitatea portantă a drumului.

Factori care determină comportarea și performanțele mixturii asfaltice

Tabelul 1

Factori	Punctaj
Conținutul de bitum	130
Grosimea stratului	103
Gradul de compactare	103
Curba granulometrică	100
Procentul de goluri	96
Modulul de rigiditate	92
Penetrația bitumului	92
Vâscozitatea bitumului	87
Rigiditatea bitumului	87
Punctul de înmuiere al bitumului	69
Procentul de goluri din agregatele naturale	64
Rezistența la întindere	63
Tipul agregatelor naturale	56
Greutatea specifică aparentă a agregatelor	45

Factori care determină comportarea și performanțele materialelor granulare

Tabelul 2

Factori	Punctaj
Gradul de compactare	86
Factorul de portanță Californian, CBR	86
Modulul de elasticitate dinamic	85
Grosimea stratului	82
Înălțimea capilară	68
Permeabilitatea	60
Granulozitatea	57
Umiditatea	53
Rezistența agregatelor naturale	50
Umiditatea optimă de compactare	50
Densitatea în stare uscată maximă	38
Plasticitatea fracțiunilor fine	38

Factori care determină comportarea și performanțele pământului de fundare

Tabelul 3

Factori	Punctaj
Factorul de portanță Californian, CBR	83
Umiditatea	79
Modulul de elasticitate dinamic	79
Gradul de compactare	78
Densitatea în stare uscată	64
Sucțiunea	62
Înălțimea capilară	62
Modulul de forfecare	59
Procentul de granule mai fine de 0,074 mm	59
Omogenitatea	57
Indicele de plasticitate	57
Limita de curgere	55
Granulozitatea	54
Umiditatea optimă de compactare	43

Rezultă că performanțele materialelor granulare din straturile de fundație și cele ale pământului de fundare sunt determinate de caracteristicile de deformabilitate ale acestora.

Comportarea necorespunzătoare a structurii rutiere și a pământului de fundare se manifestă prin producerea de degradări grave (gropi, faianțări, fisuri, crăpături și fâgașe transversale și longitudinale sau degradări din îngheț – dezgheț și tasări locale) care afectează în cea mai mare măsură capacitatea de preluare a sarcinilor din trafic, scurtând durata de viață a drumului.

Imagini ale unor drumuri degradate sunt prezentate în fotografiile care urmează. Se observă că degradările grave sunt caracteristice porțiunilor de drum fără o scurgere corespunzătoare a apelor de suprafață, datorită șanțurilor prost întreținute sau care lipsesc.

ASPECTE ALE DEGRADĂRILOR STRUCTURILOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE



*Foto 1. Suprafață poroasă a
îmbrăcămintei bituminoase*



Foto 2. Peladă



Foto 3. Faianșări și gropi, ca urmare a fenomenului de peladă



Foto 4. Evacuare necorespunzătoare a apelor de suprafață



Foto 5. Crăpături multiple; predomină crăpăturile longitudinale pe urma roților

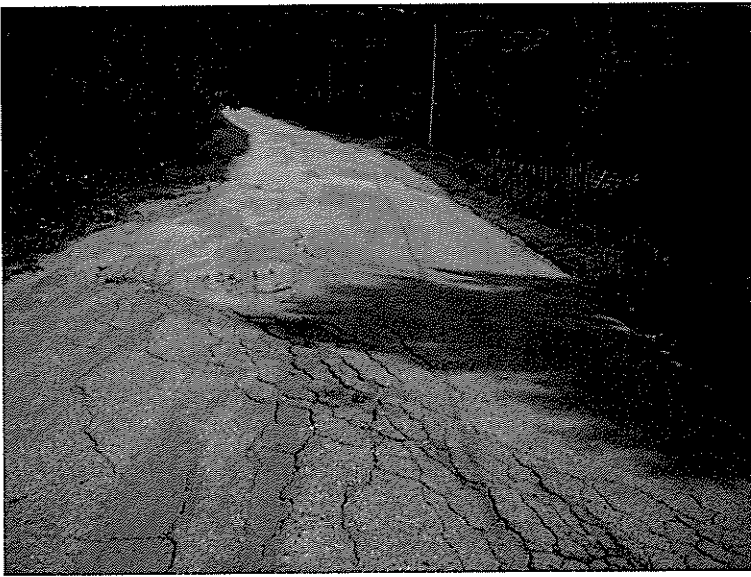


Foto 6. Tasări și faianțări în plăci, datorate cedării structurii rutiere



Foto 7. Faianțări sub forma unor rețele de fisuri și crăpături longitudinale, datorate capacității portante neuniforme în profil transversal a complexului rutier

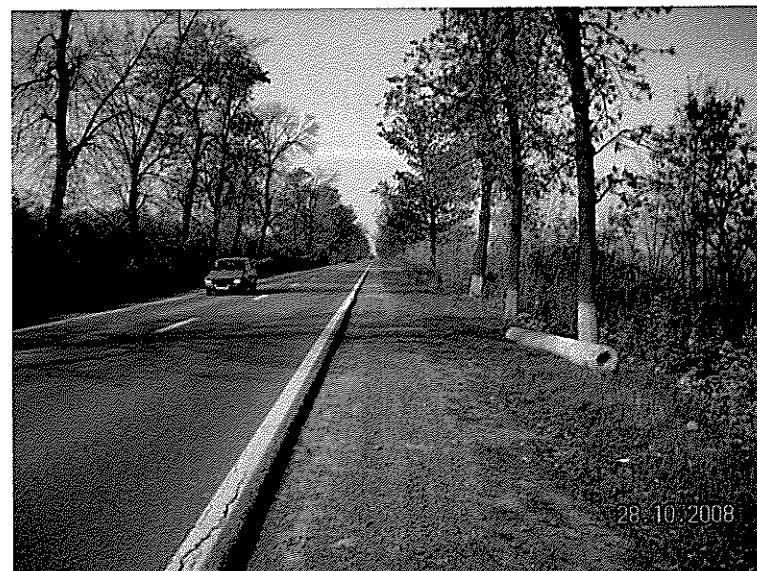


Foto 8. Ruptură de margine datorată neîncadrării părții carosabile cu benzi de încadrare sau cu borduri



*Foto 9. Faianțări în plăci
și gropi*

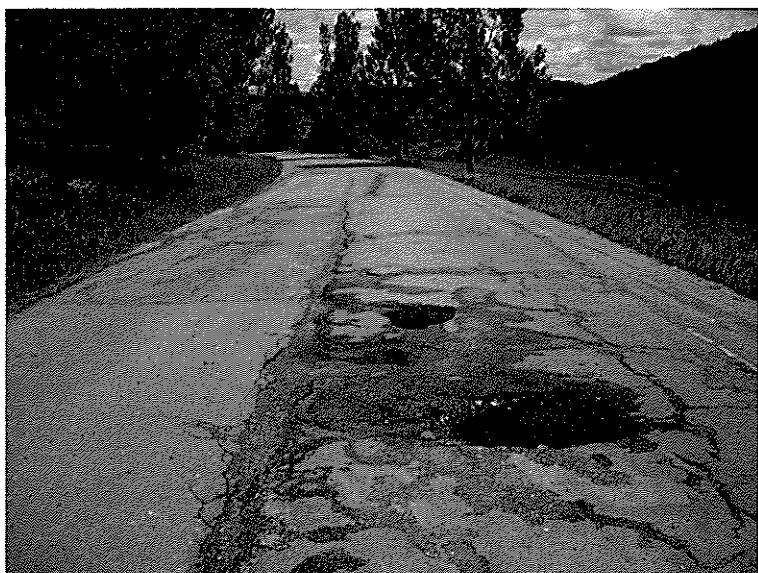


Foto 10. Faianțări și gropi



*Foto 11. Drum cu faianțări și gropi,
datorate scurgerii necorespunzătoare
a apelor de suprafață*



Foto 12. Groapă la marginea părții carosabile, datorată cedării pământului de fundare



Foto 13. Drum puternic fâșiat



Foto 14. Suprafața de rulare fâșiată puternic, cu gropi și fâgaș longitudinal în structura rutieră pe partea stângă. Reparare necorespunzătoare a gropilor prin plombare



Foto 15. Suprafață de rulare faianțată



Foto 16. Îmbrăcămintă bituminoasă faianțată, datorită în principal evacuării necorespunzătoare a apelor

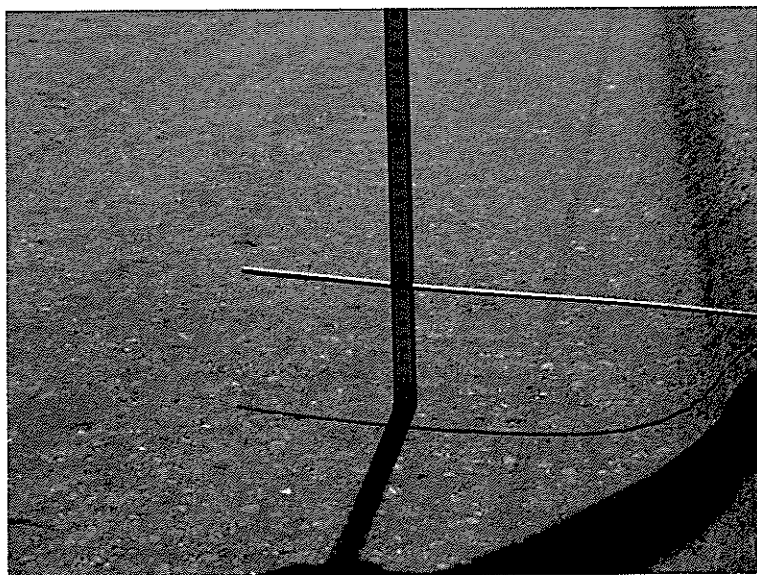


Foto 17. Făgaș longitudinal la marginea părții carosabile, prin refularea laterală a mixturii asfaltice

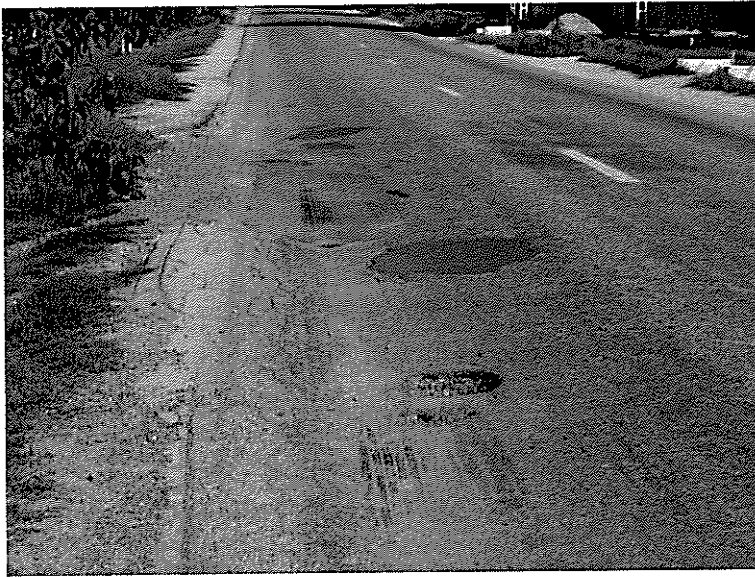


Foto 18. Făgaș longitudinal la marginea părții carosabile, cu faianțarea îmbrăcămintei bituminoase



Foto 19. Fisuri transversale, ca urmare a transmiterii la suprafață a fisurilor de contracție din stratul de bază din agregate naturale stabilizate cu ciment

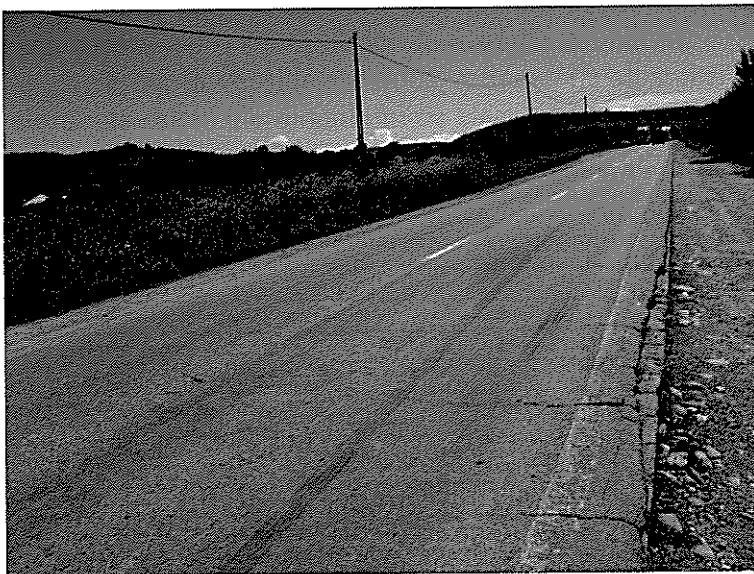


Foto 20. Început de fisurare reflectivă a îmbrăcămintei bituminoase

EXEMPLE DE DIMENSIONARE

EXEMPLUL 1. Dimensionarea structurii rutiere pentru un drum nou

1.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească alcătuirea structurii rutiere pentru o variantă nouă a unui drum național principal.

Drumul este situat într-o zonă caracterizată prin tipul climateric II, într-o regiune în care sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanțe relativ reduse față de traseul drumului.

Terasamentele rutiere sunt în rambleu, cu înălțimea de minimum 1 m, fiind alcătuite din nisipuri prăfoase și nisipuri argiloase.

Traficul de calcul stabilit în cadrul unui studiu preliminar de trafic este 1,15 m.o.s., pentru o perioadă de perspectivă de 15 ani.

1.2. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului

Pământul de fundare alcătuit din nisipuri prăfoase și nisipuri argiloase se încadrează în tipul P₃, conform tabelului V. 2.9.

Sectorul de drum fiind situat în rambleu, cu înălțimea minimă 1 m, regimul hidrologic este 2a. Corespunzător tipului climateric II, valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic este 65 MPa, conform tabelului V.2.10, iar cea a coeficientului lui Poisson, 0,30, conform tabelului V.2.11.

Modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare fiind mai mic de 80 MPa, se adoptă soluția de tratare cu var a acestuia pe o grosime de 20 cm. Acest strat constituie un strat de formă, caracterizat în conformitate cu tabelul V. 3.7, prin modulul de elasticitate dinamic de 150 MPa și coeficientul lui Poisson de 0,35.

Se stabilește cu ajutorul figurii V.4a valoarea modului de elasticitate dinamic echivalent corespunzătoare pământului tip P₃ tratat cu var și grosimii de 20 cm a stratului de formă, care este 95 MPa.

1.3. Alegerea alcătuirii structurii rutiere

Dat fiind existența în regiune a surselor de agregate naturale de carieră se alege o structură rutieră suplă, cu strat de bază din mixtură asfaltică, strat superior de fundație din piatră spartă mare, sort 63-80 și strat inferior de fundație din balast.

Se iau în considerare două variante ale alcătuirii structurii rutiere, conform tabelului 1.1, valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson fiind date în același tabel.

Tabelul 1.1

Denumirea materialului din strat	Varianta 1	Varianta 2	E, MPa	μ
	h, cm			
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	5	5	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	8	10	5000*	0,35*
Piatră spartă, amestec mare, sort 63-80	28	28	400**	0,27**
Balast	20	20	206***	0,27***
Pământ de fundare	∞	∞	95	0,35

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
 ** conform cap.VII, tabelul VII.1.4;
 *** conform cap.VII, pct.1.3.4.

Structura rutieră și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcăminții bituminoase cu grosimea de 9 cm și cu valoarea modulului de elasticitate dinamic mediu ponderat de 3257 MPa.

1.4. Analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard

Se calculează cu programul de calcul CALDEROM sau CALDEROM 2000 următoarele componente ale deformației, conform cap. VIII, pct.3.1:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2

VARIANTA	1	2
ϵ_r , în microdef.	140	127
ϵ_z , în microdef.	270	245
N adm. m.o.s.	1,29	1,89
RDO	0,89	0,61

1.5. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere

Se calculează pentru cele două variante de alcătuire a structurii rutiere, numărul de solicitări admisibil cu relația VIII.4.1b și valoarea RDO cu relația VIII.4.2, care sunt date în tabelul 1.2. Din examinarea acestui tabel rezultă că varianta 1 îndeplinește condiția $RDO = \max.0,90$ impusă drumurilor naționale principale, iar pentru varianta 2 se obține o valoare redusă a RDO, față de cea maximă. Se propune adoptarea grosimii stratului de bază de 8 cm.

Se calculează cu relația VIII.4.4a deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, obținându-se valoarea 317 microdef., mai mare ca valorile deformației verticale de compresiune calculate la acest nivel (tabelul 1.2). Rezultă că ambele variante de alcătuire respectă criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul terenului de fundare.

Rezultă următoarea alcătuire a structurii rutiere:

- 4 cm strat de uzură;
- 5 cm strat de legătură;
- 8 cm strat de bază din mixtură asfaltică;
- 28 cm strat superior de fundație din piatră spartă mare, sort 63 - 80;
- 20 cm strat inferior de fundație din balast.

EXEMPLUL 2. Dimensionarea structurii rutiere pe benzile de lărgire a părții carosabile

2.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească alcătuirea structurii rutiere pe benzile de lărgire a părții carosabile a unui drum european, în cadrul acțiunii de reabilitare a acestuia.

Drumul este situat într-o zonă cu tip climateric II, într-o regiune în care sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanțe relativ reduse față de traseul drumului.

Terasamentele rutiere sunt la nivelul terenului. Pământul de fundare este alcătuit din prafuri argiloase.

Traficul de calcul stabilit în cadrul unui studiu preliminar de trafic este 2,4 m.o.s., pentru o perioadă de perspectivă de 15 ani.

2.2. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului

Pământul de fundare alcătuit din prafuri argiloase se încadrează în tipul P₄, conform tabelului V. 2.9.

Sectorul de drum fiind situat la nivelul terenului, regimul hidrologic este 2b. Corespunzător tipului climateric II, valoarea de calcul a modului de elasticitate dinamic este 70 MPa, conform tabelului V.2.10, iar cea a coeficientului lui Poisson, 0,35, conform tabelului V.2.11.

Necesitatea execuției în casete a structurii rutiere impune adoptarea unei grosimi cât mai reduse a acesteia. Pe acest considerent se adoptă soluția de tratare cu var a pământului, pe o grosime de 20 cm, care constituie stratul de formă, caracterizat în conformitate cu tabelul V. 3.7, prin modulul de elasticitate dinamic de 150 MPa și coeficientul lui Poisson de 0,35.

Se stabilește cu ajutorul figurii V.4a valoarea modului de elasticitate dinamic echivalent corespunzătoare pământului tip P₄ tratat cu var și grosimii de 20 cm a stratului de formă, care este 100 MPa.

2.3. Alegerea alcătuirii structurii rutiere

Dat fiind existența în regiune a surselor de agregate naturale de carieră se alege o structură rutieră suplă, cu strat de bază din mixtură asfaltică și strat superior de fundație din piatră spartă amestec optimal.

Se iau în considerare următoarele alcătuirii ale structurii rutiere, conform tabelului 2.1 .În acest tabel sunt date și valorile de calcul ale modului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson.

Tabelul 2.1

Denumirea materialului din strat	Varianta 1	Varianta 2	E, MPa	μ
	h, cm			
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	5	5	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	9	11	5000*	0,35*
Piatră spartă amestec optimal	22	22	500**	0,27**
Balast	30	30	260***	0,27***
Pământ de fundare	∞	∞	100	0,35

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
** conform cap.VII, tabelul VII.1.4;
*** conform cap.VII, pct.1.3.4.

Structura rutieră și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcăminții bituminoase cu grosimea de 9 cm și cu valoarea modului de elasticitate dinamic mediu ponderat de 3257 MPa.

2.4. Analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard

Se calculează cu programul de calcul CALDEROM sau CALDEROM 2000, următoarele componente ale deformației, conform cap.VIII, pct.3.1:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_x) la baza straturilor bituminoase;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2

VARIANTA	1	2
ϵ_{x_s} în microdef.	121	110
ϵ_{z_s} în microdef.	221	202
N adm. m.o.s.	2,30	3,36
RDO	1,04	0,71

2.5. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere

Se calculează pentru cele două variante de alcătuire a structurii rutiere, numărul de solicitări admisibil cu relația VIII.4.1b și valoarea RDO cu relația VIII.4.2, care sunt date în tabelul 2.2. Din examinarea acestui tabel rezultă că varianta 2 îndeplinește condiția $RDO = \max.0,85$ impusă drumurilor naționale europene.

Se calculează cu relația VIII.4.4a deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, obținându-se valoarea 260 microdef., mai mare ca valorile deformației verticale de compresiune calculate la acest nivel (tabelul 2.2). Rezultă că ambele variante de alcătuire respectă criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul terenului de fundare.

Rezultă următoarea alcătuire a structurii rutiere:

- 4 cm strat de uzură;
- 5 cm strat de legătură;
- 11 cm strat de bază din mixtură asfaltică;
- 22 cm strat superior de fundație din piatră spartă amestec optimal;
- 30 cm strat inferior de fundație din balast.

EXEMPLUL 3. Dimensionarea structurii rutiere pentru un drum pietruit care se modernizează

3.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească alcătuirea structurii rutiere pentru un drum pietruit care se modernizează.

Drumul este situat într-o zonă caracterizată prin tipul climateric I.

Terasamentele rutiere sunt la nivelul terenului sau în debleu, fiind alcătuite din argile prăfoase.

Drumul prezintă pe toată lățimea părții carosabile o pietruire a cărei grosime este de minimum 22 cm.

Traficul de calcul stabilit în cadrul unui studiu preliminar de trafic este de 3,5 m.o.s., pentru o perioadă de perspectivă de 15 ani.

3.2. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului

Pământul de fundare alcătuit din argile prăfoase se încadrează în tipul P_5 , conform tabelului V. 2.9.

Sectorul de drum fiind situat la nivelul terenului și în debleu, complexul rutier va fi caracterizat prin un regim hidrologic 2b. Corespunzător tipului climateric I, valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic este 70 MPa, conform tabelului V.2.10, iar cea a coeficientului lui Poisson, 0,42, conform tabelului V.2.11.

Din studiul variației longitudinale și transversale a calității și grosimii pietruirii existente rezultă că aceasta poate fi considerată ca alcătuită din strat de formă, cu grosimea de 22 cm, corespunzătoare grosimii minime. Modulul de elasticitate dinamic echivalent la nivelul patului drumului prezintă valoarea 107 MPa, conform digramei din figura V.3.

Coeficientul lui Poisson are valoare 0,27, fiind corespunzătoare materialelor necoezive.

3.3. Alegerea alcătuirii structurii rutiere

Se alege o structură rutieră semirigidă, alcătuită din strat de bază din mixtură asfaltică, strat superior de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment și strat inferior de fundație din balast. Grosimea totală a straturilor bituminoase se alege de 15 cm, pentru a întârzia transmiterea la suprafața îmbrăcăminții a fisurilor de contracție din stratul stabilizat.

Se ia în considerare o primă variantă a alcătuirii structurii rutiere (varianta 1), conform tabelului 3.1, valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson fiind date în același tabel.

Tabelul 3.1

Denumirea	h, cm	E, MPa	μ
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	5	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	7	5000*	0,35*
Agregate naturale stabilizate cu ciment	20	1000**	0,25**
Balast	25	257***	0,27***
Pământ de fundare	∞	107	0,27

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
 ** conform cap.VII, tabelul VII.2.5;
 *** conform cap.VII, pct.1.3.4.

Structura rutieră și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcăminții bituminoase cu grosimea de 9 cm și cu valoarea modulului de elasticitate dinamic mediu ponderat de 3257 MPa.

3.4. Analiza structurii rutiere, varianta 1, la solicitarea osiei standard

Se calculează cu programul de calcul CALDEROM 2000 următoarele componente ale deformației și ale tensiunii, conform cap.VIII, pct.3.1:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase;
- tensiunea orizontală de întindere (σ_r) la baza stratului din agregate naturale stabilizate cu ciment;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

VARIANTA	1
ϵ_{r1} în microdef.	89,5
σ_r , MPa	0,139
ϵ_z în microdef.	260
N adm. m.o.s.	7,82
RDO	0,46

3.5. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere, varianta 1

Se calculează numărul de solicitări admisibil cu relația VIII.4.1b și valoarea RDO cu relația VIII.4.2, care sunt date în tabelul 3.2. Din examinarea acestui tabel rezultă că numărul de solicitări admisibil este 7,82 m.o.s., iar rata de degradare prin oboseală are o valoare redusă, fiind 0,46.

Cu relația VII.2.4b se calculează tensiunea radială de întindere admisibilă la baza stratului din agregate naturale stabilizate cu ciment, pentru $R_t = 0,35$ MPa, care reprezintă rezistența la întindere a acestor materiale pentru stratul de fundație, conform cap.VII, tabelul VII.2.5. Rezultă $\sigma_{radm.} = 0,199$ MPa. Ori, tensiunea orizontală de întindere calculată are valoarea de 0,139, așa cum reiese din tabelul 3.2, ceea ce denotă o solicitare în limite admisibile a stratului stabilizat.

Se calculează cu relația VIII.4.4a deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, obținându-se valoarea 234 microdef., mai mică ca valoarea 260 microdef.calculată la acest nivel. Rezultă că varianta 1 de alcătuire a structurii rutiere nu respectă criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul terenului de fundare.

Se repetă etapele 3.4 și 3.5 pentru o altă variantă de alcătuire a structurii rutiere (varianta 2), la care grosimea stratului inferior de fundație a fost mărită la 30 cm. Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din alcătuirea straturilor rutiere sunt date în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

Denumirea	h, cm	E, Mpa	μ
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	5	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	7	5000*	0,35*
Agregate naturale stabilizate cu ciment	20	1000**	0,25**
Balast	30	279***	0,27***
Pământ de fundare	∞	107	0,27

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
 ** conform cap.VII, tabelul VII.2.5;
 *** conform cap.VII, pct.1.3.4.

3.6. Analiza structurii rutiere, varianta 2, la solicitarea osiei standard

În tabelul 3.4 sunt date valorile calculate ale componentelor deformației specifice și ale tensiunii implicate în dimensionare.

Tabelul 3.4

VARIANTA	2
ϵ_r , în microdef.	88,1
σ_r , MPa	0,127
ϵ_z , în microdef.	222
N adm. m.o.s.	8,11
RDO	0,43

3.7. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere, varianta 2

Din examinarea acestui tabel reiese că deformația specifică verticală de compresiune la nivelul patului drumului are valoarea 222 microdef., mai redusă decât cea admisibilă.

Rezultă că varianta 2 de alcătuire a structurii rutiere respectă și criteriul deformației specifice verticale admisibile la nivelul terenului de fundare.

Rezultă următoarea alcătuire a structurii rutiere:

- 4 cm strat de uzură;
- 5 cm strat de legătură;
- 7 cm strat de bază din mixtură asfaltică;
- 20 cm strat superior de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment;
- 30 cm strat inferior de fundație din balast.

EXEMPLUL 4. Dimensionarea structurii rutiere pentru modernizarea unui drum pietruit

4.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească alcătuirea structurii rutiere pentru un sector de drum pietruit situat pe un drum județean.

Drumul este situat într-o zonă caracterizată prin tipul climateric I, într-o regiune în care sursele de agregate naturale de carieră sunt la distanțe relativ reduse față de traseul drumului.

Pietruirea are grosimea de 8 ... 10 cm și este numai pe zona centrală cu lățime redusă.

Terasamentele rutiere sunt în rambleu, cu înălțimea de minimum 1 m, fiind alcătuite din prafuri argilose.

Traficul de calcul stabilit în cadrul unui studiu preliminar de trafic este 0,80 m.o.s., pentru o perioadă de perspectivă de 10 ani.

4.2. Stabilirea capacității portante la nivelul patului drumului

Datorită neuniformității longitudinale și transversale a pietruirii, aceasta nu se ia în considerare la dimensionarea structurii rutiere.

Pământul de fundare alcătuit din prafuri argiloase se încadrează în tipul P₄, conform tabelului V. 2.9.

Sectorul de drum fiind situat în rambleu, cu înălțimea minimă 1 m, regimul hidrologic este 2a. Corespunzător tipului climateric I, valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic este 80 MPa, conform tabelului V.2.10, iar cea a coeficientului lui Poisson, 0,35, conform tabelului V.2.11.

4.3. Alegerea alcătuirii structurii rutiere

Dat fiind existența în regiune a surselor de agregate naturale de carieră se alege o structură rutieră suplă, cu strat de bază din mixtură asfaltică, strat superior de fundație din piatră spartă mare, sort 63-80 și strat inferior de fundație din balast.

Se adoptă grosimile minime constructive ale îmbrăcăminții bituminoase, ale stratului de bază din mixtură asfaltică și ale stratului superior de fundație din piatră spartă mare, conform tabelului IV.2.1. Se adoptă grosimea de 20 cm a stratului de fundație din balast, într-o primă variată de alcătuire a structurii rutiere, (varianta 1). În tabelul 4.1.sunt date grosimile straturilor rutiere și valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic și ale coeficientului lui Poisson.

Tabelul 4.1

Denumirea materialului din strat	Varianta 1		Varianta 2		μ
	h, cm	E,MPa	h,cm	E,MPa	
Beton asfaltic pentru strat de uzură	4	3600*	4	3600*	0,35*
Beton asfaltic pentru strat de legătură	5	3000*	5	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică pentru strat de bază	5	5000*	5	5000*	0,35*
Piatră spartă mare, sort 63-80	12	400**	12	400**	0,27**
Balast	20	174***	18	166***	0,27***
Pământ de fundare	∞	80	∞	80	0,35

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
** conform cap.VII, tabelul VII.1.4;
*** conform cap.VII, pct.1.3.4.

Structura rutieră și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a îmbrăcăminții bituminoase cu grosimea de 9 cm și cu valoarea modulului de elasticitate dinamic mediu ponderat de 3257 MPa.

4.4. Analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard

Se calculează cu programul de calcul CALDEROM sau CALDEROM 2000 următoarele componente ale deformației, conform cap. VIII, pct.3.1:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2

VARIANTA	1	2
ϵ_r , în microdef.	190	192
ϵ_z , în microdef.	551	583
N adm. m.o.s.	2,20	2,11
RDO	0,36	0,38

4.5. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere

Se calculează numărul de solicitări admisibil cu relația VIII.4.5b și valoarea RDO cu relația VIII.4.2, care sunt date în tabelul 4.2 pentru varianta 1. Din examinarea acestui tabel rezultă că pentru această variantă, rata de degradare prin oboseală a straturilor bituminoase este redusă, $RDO = 0,36$, fiind îndeplinită condiția $RDO = \max. 1,00$ impusă drumurilor județene.

Se calculează cu relația VIII.4.6a deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, obținându-se valoarea 639 microdef., mai mare ca valoarea deformației verticale de compresiune calculate la acest nivel. Diferența mare dintre valoarea calculată a deformației specifice și cea admisibilă face posibilă reducerea la 18 cm a stratului de fundație din balast, conform tabelului 4.1 (varianta 2). Din examinarea tabelului 4.2 reiese că pentru această variantă deformația specifică verticală de compresiune la nivelul pământului de fundare crește până la valoarea de 583 microdef., mai apropiată de cea admisibilă.

Rezultă următoarea alcătuire a structurii rutiere:

- 4 cm strat de uzură;
- 4 cm strat de legătură;
- 5 cm strat de bază din mixtură asfaltică;
- 12 cm strat superior de fundație din piatră spartă mare, sort 63 - 80;
- 18 cm strat inferior de fundație din balast.

EXEMPLUL 5. Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a unei structuri rutiere suple

5.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare pentru un sector de drum european, cu două benzi de circulație.

Sectorul de drum este caracterizat de următoarele date implicate în dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare:

- a. anul modernizării drumului 1972
- b. alcătuirea medie a structurii rutiere, conform documentației de proiectare:
 - straturi bituminoase 18 cm
 - strat superior de fundație din piatră spartă cilindrată 15 cm
 - strat inferior de fundație din balast 25 cm
- c. tipul de pământ P_4
 tipul climateric I
 regimul hidrologic 2b
- d. indicele de degradare al îmbrăcăminții bituminoase 5,2
 Anul execuției ranforsării este 2010, iar perioada de perspectivă de 10 ani.
 Traficul de calcul este 2,6 m.o.s.

5.2 Alegerea soluției de ranforsare

Structura rutieră existentă este caracterizată de grosimile straturilor rutiere și de valorile caracteristicilor de deformabilitate ale materialelor din tabelul 5.1

Tabelul 5.1

Denumirea materialului din strat	h, cm		E, MPa	μ
	Varianta 1	Varianta 2		
Mixtură asfaltică din stratul de uzură	4	4	3600*	0,35*
Mixtură asfaltică din stratul de legătură	5	6	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică existentă	18	18	3300**	0,35**
Piatră spartă cilindrată	15	15	400***	0,27***
Balast	25	25	168****	0,27****
Pământ de fundare	∞	∞	70	0,35

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
** conform cap.VII, tabelul VII.3.35;
*** conform cap.VII, tabelul VII.1.4;
**** conform cap.VII, pct.1.3.4.

Pentru grosimea straturilor bituminoase de ranforsare au fost adoptate două variante, așa cum reiese din tabelul 5.1.

Structura rutieră și pământul de fundare reprezentând 6 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a noii îmbrăcămînții bituminoase cu următoarele valori ale modulului de elasticitate dinamic mediu ponderat :

varianta 1 $E_m = 3257$ MPa;

varianta 2 $E_m = 3205$ MPa.

5.3. Analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard

Se calculează cu programul de calcul CALDEROM sau CALDEROM 2000 următoarele componente ale deformației, conform cap. VIII, pct.3.2:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase existente;
- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2

VARIANTA	1	2
ϵ_r , în microdef.	114	109
ϵ_z , în microdef.	254	244
N adm. m.o.s.	2,91	3,48
RDO	0,89	0,73

5.4. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere

Se calculează pentru cele două variante de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, numărul de solicitări admisibil cu relația VIII.1b și valoarea RDO cu relația VIII.4.2, care sunt date în tabelul 5.2. Din examinarea acestui tabel rezultă că varianta 1 nu îndeplinește condiția $RDO = \max.0,85$ impusă drumurilor europene, condiție care este respectată de varianta 2.

Se calculează cu relația VIII.4.4a deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, obținându-se valoarea 254 microdefor., egală cu valoarea deformației verticale de compresiune calculată pentru varianta 1 la acest nivel și mai mare pentru varianta 2. Se adoptă grosimea de 6 cm a stratului de legătură.

Rezultă că pentru această grosime a stratului de legătură, condiția $RDO = \max.0,85$ este respectată, soluția de ranforsare rezultată fiind:

- 4 cm strat de uzură;
- 6 cm strat de legătură.

EXEMPLUL 6. Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a unei structuri rutiere semirigide

6.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare pentru un sector de drum național principal, cu două benzi de circulație.

Sectorul de drum este caracterizat de următoarele date implicate în dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare:

- a. anul modernizării drumului 1968
- b. alcătuirea medie a structurii rutiere, conform documentației de proiectare:
 - straturi bituminoase 18 cm
 - strat superior de fundație din agregate naturale stabilizate cu ciment 15 cm
 - strat inferior de fundație din balast 20 cm
- c. tipul de pământ P_3
 tipul climateric II
 regimul hidrologic 2b
- d. indicele de degradare al îmbrăcăminții bituminoase 21

Anul execuției ranforsării este 2009, iar perioada de perspectivă de 10 ani.

Traficul de calcul este 4,0 m.o.s.

6.2 Alegerea soluției de ranforsare

Structura rutieră existentă este caracterizată de grosimile straturilor rutiere și de valorile caracteristicilor de deformabilitate ale materialelor din tabelul 6.1

Tabelul 6.1

Denumirea materialului din strat	h, cm		E, MPa	μ
	Varianta 1	Varianta 2		
Mixtură asfaltică din stratul de uzură	4	4	3600*	0,35*
Mixtură asfaltică din stratul de legătură	5	5	3000*	0,35*
Mixtură asfaltică din stratul de bază	5	7	5000*	0,35*
Mixtură asfaltică existentă	18	18	2500**	0,35**
Agregate naturale stabilizate cu ciment	15	15	600***	0,27***
Balast	20	20	141****	0,27****
Pământ de fundare	∞	∞	65	0,30

Notă: * conform cap.VII, tabelul VII.3.43;
 ** conform cap.VII, tabelul VII.3.45;
 *** conform cap.VII, tabelul VII.2.5;
 **** conform cap.VII, pct.1.3.4.

Se menționează că pentru mixtura asfaltică din straturile existente a fost adoptată valoarea modului de elasticitate dinamic de 2500 MPa, corespunzătoare indicelui de degradare de 21, conform tabelului VII.3.45.

Pentru grosimea straturilor bituminoase de ranforsare au fost adoptate două variante, așa cum reiese din tabelul 6.1.

Structura rutieră și pământul de fundare reprezentând 7 straturi, se reduc la 5 straturi, prin luarea în considerare a noilor straturi bituminoase cu următoarele valori ale modului de elasticitate dinamic mediu ponderat:

varianta 1 $E_m = 3823 \text{ MPa}$
 varianta 2 $E_m = 3959 \text{ MPa}$

6.4. Analiza structurii rutiere la solicitarea osiei standard

Se calculează cu programul de calcul CALDEROM sau CALDEROM 2000 următoarele componente ale deformației, conform cap. VIII, pct.3.2:

- deformația specifică orizontală de întindere (ϵ_r) la baza straturilor bituminoase existente;

- deformația specifică verticală de compresiune (ϵ_z) la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

VARIANTA	1	2
ϵ_r , în microdef.	84,7	81,8
ϵ_z , în microdef.	235	215
N adm. m.o.s.	9,47	10,88
RDO	0,42	0,37

6.5. Stabilirea comportării sub trafic a structurii rutiere

Se calculează pentru cele două variante de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, numărul de solicitări admisibil cu relația VIII.4.1b și valoarea RDO cu relația VIII.4.2, care sunt date în tabelul 6.2. Din examinarea acestui tabel rezultă că ambele variante îndeplinesc condiția $RDO = \max 0,90$ impusă drumurilor cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s.

Se calculează cu relația VIII.4.4a deformația specifică verticală admisibilă la nivelul patului drumului, obținându-se valoarea 226 microdef. Se constată că doar varianta 2 îndeplinește condiția $\epsilon_z \leq \epsilon_{z,adm}$, deci se adoptă grosimea totală a straturilor bituminoase de ranforsare de 16 cm.

Rezultă ca necesară următoarea soluție de ranforsare:

- 4 cm strat de uzură;
- 5 cm strat de legătură;
- 7 cm strat bituminos de bază.

FISE TEHNICE

1. IMBRACAMINTI BITUMINOASE

1.1. STRATURI DE UZURA

- Fișa tehnică nr.1.1.1. Strat de uzură din beton asfaltic cu criblură, executat la cald
 Fișa tehnică nr.1.1.2. Strat de uzură din beton asfaltic rugos, executat la cald
 Fișa tehnică nr.1.1.3. Strat de uzură din beton asfaltic și beton asfaltic rugos , cu bitum modificat cu polimeri, executat la cald
 Fișa tehnică nr.1.1.4. Strat de uzură din mixtură asfaltică stabilizată cu fibre de celuloză
 Fișa tehnică nr.1.1.5. Strat de uzură din beton asfaltic cu pietriș concasat, executat la cald

1.2. STRATURI DE LEGATURA

- Fișa tehnică nr.1.2.1. Strat de legătură din beton asfaltic deschis cu criblură, executat la cald
 Fișa tehnică nr.1.2.2. Strat de legătură din beton asfaltic deschis cu criblură și bitum modificat cu polimeri, executat la cald
 Fișa tehnică nr.1.2.3. Strat de legătură din beton asfaltic deschis cu pietriș concasat, executat la cald
 Fișa tehnică nr.1.2.4. Strat de legătură din beton asfaltic deschis cu pietriș sortat, executat la cald

2. STRATURI DE BAZA

2.1. STRATURI DE BAZA BITUMINOASE

- Fișa tehnică nr. 2.1.1. Strat de bază din mixtură asfaltică, executată la cald
 Fișa tehnică nr. 2.1.2. Strat de bază din macadam penetrat și semipenetrat cu lianți bituminoși

2.2. STRATURI DE BAZA DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANTI HIDRAULICI SAU PUZZOLANICI

- Fișa tehnică nr. 2.2.1. Strat de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici
 Fișa tehnică nr. 2.2.2. Strat de bază din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

2.3. STRATURI DE BAZA DIN AGREGATE NATURALE

- Fișa tehnică nr. 2.3.1. Strat de bază din macadam

3. STRATURI DE FUNDATIE

3.1. STRATURI DE FUNDATIE DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANTI HIDRAULICI SAU PUZZOLANICI

- Fișa tehnică nr. 3.1.1. Strat de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici
 Fișa tehnică nr. 3.1.2. Strat de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

3.2. STRATURI DE FUNDATIE DIN AGREGATE NATURALE

- Fișa tehnică nr. 3.2.1. Strat de fundație din piatră spartă mare, sort 63-90
 Fișa tehnică nr. 3.2.2. Strat de fundație din piatră spartă, amestec optimal
 Fișa tehnică nr. 3.2.3. Strat de fundație din balast, amestec optimal
 Fișa tehnică nr. 3.2.4. Strat de fundație din balast
 Fișa tehnică nr. 3.2.5. Strat de fundație din blocaj de piatră brută

3.3. STRATURI DE FUNDATIE DIN PAMANT STABILIZAT MECANIC

- Fișa tehnică nr. 3.3.1. Strat de fundație din pământ stabilizat mecanic

STRAT DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic (tip BA 8, BA 12,5, BA 16 și BA 25) face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE:

Strat de uzură în alcătuirea îmbrăcăminții bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice II...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 4 cm;
Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.
- Profil transversal:
 - în aliniament, sub formă de acoperiș;
 - în curbe și zone aferente, conform STAS 863;
 - în cazuri speciale, pantă unică.
- Profil longitudinal:
Declivitate: $\leq 7\%$

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturi 4-8, 8-12,5 sau 8-16, 16-25 (conform SR 667 și SR EN 13043);
 - nisip de concasare sort 0-4 (conform SR 667);
 - nisip natural sort 0-4 (conform SR 662).
- FILER DE CALCAR (conform SR EN 13043 și/sau STAS 539)
- BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100, conform SR 754;
 - tip 50/70 și 70/100, conform Normativ ind. AND 537.

Utilizarea bitumurilor se face în funcție de zona climaterică, conform tabelului 1.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 1

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să prezinte o adezivitate de minimum 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969/3.

În cazul în care adezivitatea este sub valoarea admisibilă, bitumul se aditivează cu aditivi, conform SR 174-1.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute pentru bitumul neparafinos pentru drumuri.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC:

- zona de granulozitate este conform tabelului 2.

Zona de granulozitate

Tabelul 2

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BA 8	-	100	-	90...100	56...78	30...55	22...42	18...35	11...25	-	8...14	7...11
BA 12,5	-	100	90...100	70...85	52...66	35...50	24...38	-	-	8...16	-	5...10
BA 16	100	90...100	-	66...85	42...66	30...50	22...42	18...35	11...25	-	8...13	7...10
BA 25	90...100	72...90	-	54...80	40...61	30...50	20...40	15...35	8...25	-	6...13	5...10

- conținutul de bitum în mixtura asfaltică: limitele recomandate de SR 174-1 sunt conform tabelului 3.

Conținutul de bitum

Tabelul 3

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Conținutul de liant, % în mixtura asfaltică
BA 12,5, BA 16	II, III	6,0...7,3
BA 8, BA 16	IV, V	6,5...7,5
BA 25	IV, V	5,5...7,0

- conținutul de nisip natural în amestecul de nisip de concasare cu nisip natural: max. 25 % pentru BA 8, BA 12,5 și BA 16 și de max. 30 % pentru BA 25.
- raportul filer-bitum: 1,3...1,8 pentru BA 8, BA 12,5 și BA 16;
1,1...1,8 pentru BA 25.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC (BA 8, BA 12,5, BA 16, BA 25)

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 4.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 4

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
		Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
BA 8	IV - V	min. 6,0	1,5...4,5	1,3...4,0	min. 2300	1,5...5,0
BA 12,5	II - III	min. 8,0	1,5...4,0	2,0...5,3		
BA 16	II - III	min. 8,0	1,5...4,0	2,0...5,3		
	IV - V	min. 6,5	1,5...4,5	1,4...4,3		
BA 25	IV - V	min. 6,0	1,5...4,5	1,3...4,0		

Epruvetele Marshall se confecționează cu 50 lovituri pe fiecare față.

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, conform tabelului 5.
Valorile din tabelul 5 sunt orientative, până la strângerea de date și revizuirea standardului.

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum/bitum aditivat se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de uzură trebuie să fie conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 96 %;
- absorbția de apă: 2...5 %.

Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice

Tabelul 5

Caracteristica	Beton asfaltic pentru strat de uzură (BA 8, BA 12,5, BA 16, BA 25)
Caracteristici pe cilindri confecționați la presa giratorie	
Volum de goluri la 80 rotații, %	max. 5,0
Rezistența la deformații permanente (fluaj dinamic): - deformația la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteza de deformație la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu	max. 30000 max.3
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4500
Caracteristici pe plăci (compactator cu placă) sau pe carote din îmbrăcămintă	
Rezistența la deformații permanente la 60 °C (ornieraj): - Viteza de deformație la ornieraj, mm/1000 cicluri: Număr mediu de vehicule** pentru numărul mediu de vehicule mai mare de 6000, mm/oră - Adâncimea fâgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm, pentru numărul mediu de vehicule** mai mare de 6000, mm	max. 1,0 max. 9,0

** Vehicule de transport marfă și autobuze, în 24 ore, calculate pentru traficul de perspectivă

7. CARACTERISTICILE SUPRAFEȚEI STRATULUI DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură sunt în funcție de clasa tehnică a drumului, conform tabelului 6.

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură

Tabelul 6

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Planeitatea în profil longitudinal Indice de planeitate, IRI, m/km: - drumuri de clasă tehnică II - drumuri de clasă tehnică III - drumuri de clasă tehnică IV - drumuri de clasă tehnică V	 ≤ 2,5 ≤ 3,5 ≤ 4,5 ≤ 5,5
Uniformitatea în profil longitudinal Denivelări admisibile măsurate sub dreptarul de 3 m, mm: - drumuri de clasă tehnică II - drumuri de clasă tehnică III...V	 ≤ 4,0 ≤ 5,0
Rugozitatea • Rugozitatea cu pendul SRT, unități SRT: - drumuri de clasă tehnică II - drumuri de clasă tehnică III - drumuri de clasă tehnică IV și V • Rugozitatea geometrică, HS, mm: - drumuri de clasă tehnică II - drumuri de clasă tehnică III - drumuri de clasă tehnică IV și V • Coeficientul de frecare (μGT): - drumuri de clasă tehnică II - drumuri de clasă tehnică III	 ≥ 80 ≥ 70 ≥ 60 ≥ 0,7 ≥ 0,6 ≥ 0,55 ≥ 0,95 ≥ 0,7
Omogenitate Aspectul suprafeței	Fără degradări sub formă de exces de bitum, fisuri, zone poroase, deschise, șlefuite

Nota 1 – Planeitatea în profil longitudinal se determină fie prin măsurarea indicelui de planeitate IRI, fie prin măsurarea denivelărilor sub dreptarul de 3 m.

Nota 2 – Rugozitatea se determină fie prin măsurarea cu pendulul SRT, fie prin măsurarea rugozității geometrice HS. În caz de litigiu se determină rugozitatea cu pendulul SRT.

8. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Betonul asfaltic se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 7.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 7

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/80, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170

- Așternerea mixturii asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 8.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 8

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternerea	Compactarea	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80

- Execuția stratului de uzură din beton asfaltic se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor pentru materialele respective.
- Verificarea calității mixturii asfaltice:**
 - încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic, conform SR 174-1 și anume:
 - caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall pentru toate tipurile de mixtură asfaltică, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;
 - caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, pentru mixturile asfaltice pentru drumurile de clasă tehnică II:
 - rezistența la deformare permanentă* (fluaj dinamic), determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c;
 - rezistența la oboseală*, conform SR EN 12697-24, anexa E;
 - modulul de rigiditate*, conform SR EN 12697-26, anexa C;
 - volumul de goluri* determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.
- Verificarea elementelor geometrice:**
 - lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;
 - grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect;
 - cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere de ± 5 mm față de cotele profilului proiectat, cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat.

- **Verificarea execuției lucrărilor:**
 - *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, la așternere și pe carote prelevate din stratul de uzură executat, conform SR 174-1, tabelul 16;
 - *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de uzură, conform SR 174-2;
 - *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2;
- **Verificarea suprafeței stratului de uzură:**
 - *planeitatea în profil longitudinal* (indicele de planeitate IRI), conform normativului AND 563;
 - *uniformitatea în profil longitudinal*, conform SR EN 13036-7;
 - *rugozitatea*, cu aparatul SRT, conform SR EN 13036-4 sau prin metoda înălțimii de nisip, (HS), conform SR EN 13036-1;
 - *coeficientul de frecare μ_{GT}* , conform reglementărilor în vigoare privind aparatul Grip Tester.

STRAT DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC RUGOS, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic rugos (BAR 16) face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE:

Strat de uzură în alcătuirea îmbrăcămintei bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice I...III.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 4 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare;
- Profil transversal:
 - în aliniament, sub formă de acoperiș;
 - în curbe și zone aferente, conform STAS 863;
 - în cazuri speciale, pantă unică.
- Profil longitudinal:
Declivitate: $\leq 9\%$

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturi 4-8, 8-12,5 sau 8-16, 16-25 (conform SR 667 și SR EN 13043);
 - nisip de concasare sort 0-4 (conform SR 667);
 - nisip natural sort 0-4 (conform SR 662).
- FILER DE CALCAR (conform SR EN 13043 și/sau STAS 539)
- BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100, conform SR 754;
 - tip 50/70 și 70/100, conform Normativ ind. AND 537.

Utilizarea biturilor se face în funcție de zona climaterică, conform tabelului 1.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 1

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să prezinte o adezivitate de minimum 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969/3.

În cazul în care adezivitatea este sub valoarea admisibilă, bitumul se aditivează cu aditivi, conform SR 174-1.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute pentru bitumul neparafinos pentru drumuri.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC RUGOS:

- zona de granulozitate, conform tabelului 2.

Zona de granulozitate

Tabelul 2

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BAR 16	100	90...100	-	61...74	39...53	27...40	21...31	18...25	11...15	-	8...11	7...9

- conținutul de bitum în mixtura asfaltică, recomandat: 5,7...6,2%
- raportul filer-bitum: 1,3...1,8

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC RUGOS

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 3.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 3

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
		Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
BAR 16	I și II	min. 8,5	1,5...4,0	2,1...5,6	min. 2300	2,0...6,0
	III	min. 8,0	1,5...4,0	2,0...5,3		

Epruvetele Marshall se confecționează cu 50 lovituri pe fiecare față.

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, conform tabelului 4.

Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice

Tabelul 4

Caracteristica	Beton asfaltic pentru strat de uzură (BAR 16)
Caracteristici pe cilindri confecționați la presa giratorie	
Volum de goluri la 80 rotații, %	max. 5,0
Rezistența la deformații permanente (fluaj dinamic): - deformația la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteza de deformație la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu	max. 30000 max. 3
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4500
Caracteristici pe plăci (compactator cu placă) sau pe carote din îmbrăcămintă	
Rezistența la deformații permanente la 60 °C (ornieraj): - Viteza de deformație la ornieraj, mm/1000 cicluri pentru numărul mediu de vehicule** mai mare de 6000, mm/oră - Adâncimea făgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm pentru numărul mediu de vehicule** mai mare de 6000, mm	max. 1,0 max. 9,0

** Vehicule de transport marfă și autobuze, în 24 ore, calculate pentru traficul de perspectivă

Valorile din tabelul 4 sunt orientative, până la strângerea de date și revizuirea standardului.

- carote prelevate din îmbrăcămintă bituminoasă:
 - absorbție de apă: 4...7% vol.
 - grad de compactare: min. 96%

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC RUGOS:

- Planeitatea în profil longitudinal.

Indice de planeitate IRI, m/km:

- pentru drumuri de clasă tehnică I și II: $\leq 2,5$;
- pentru drumuri de clasă tehnică III: $\leq 3,5$;

- Uniformitatea suprafeței în profil longitudinal:

- denivelări admisibile, măsurate sub dreptarul de 3 m: max. 3 mm;

- Rugozitatea suprafeței:

- rugozitate cu pendulul SRT:

- pentru drumuri de clasă tehnică I și II: ≥ 80 unități SRT;
- pentru drumuri de clasă tehnică III: ≥ 70 unități SRT;

- rugozitate geometrică HS:

- pentru drumuri de clasă tehnică I și II: $\geq 0,7$ mm;
- pentru drumuri de clasă tehnică III: $\geq 0,6$ mm

- rugozitate cu aparatul Griep Tester:

- pentru drumuri de clasă tehnică I și II: $\mu_{GT} \geq 0,95$;
- pentru drumuri de clasă tehnică III: $\mu_{GT} \geq 0,70$.

7. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Betonul asfaltic se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 5.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 5

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/80, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170

- Așternerea mixturii asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizatoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 6.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 4

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternerea	Compactarea	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80

- Execuția stratului de uzură din beton asfaltic rugos se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor pentru materialele respective.

- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**

- *încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic, conform SR 174-1 și anume:

- caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall pentru toate tipurile de mixtură asfaltică, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;

- caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, pentru mixturile asfaltice pentru drumurile de clasă tehnică I și II:
- *rezistența la deformare permanentă* (fluaj dinamic), determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c;
- *rezistența la oboseală*, conform SR EN 12697-24, anexa E;
- *modulul de rigiditate*, conform SR EN 12697-26, anexa C;
- *volumul de goluri* determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.
- **Verificarea elementelor geometrice:**
 - *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;
 - *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect;
 - *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere de ± 5 mm față de cotele profilului proiectat, cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat.
- **Verificarea execuției lucrărilor:**
 - *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, la așternere și pe carote prelevate din stratul de uzură executat, conform SR 174-1, tabelul 16;
 - *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de uzură, conform SR 174-2;
 - *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2;
- **Verificarea suprafeței stratului de uzură:**
 - *planeitatea în profil longitudinal* (indicele de planeitate IRI), conform normativului AND 563;
 - *uniformitatea în profil longitudinal*, conform SR EN 13036-7;
 - *rugozitatea*, cu aparatul SRT, conform SR EN 13036-4 sau prin metoda înălțimii de nisip, (HS), conform SR EN 13036-1;
 - *coeficientul de frecare μ_{GT}* , conform reglementărilor în vigoare privind aparatul Grip Tester.

STRAT DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC ȘI BETON ASFALTIC RUGOS CU BITUM MODIFICAT CU POLIMERI, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic (BA 12,5m și BA 16m) și betonul asfaltic rugos (BAR 16m) fac parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate la cald, realizate cu bitum modificat cu polimeri, conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE:

Strat de uzură în alcătuirea îmbrăcăminții bituminoase, pentru drumurile de clasele tehnice I...III.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 4 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare;
- Profil transversal:
 - în aliniament, sub formă de acoperiș;
 - în curbe și zone aferente, conform STAS 863;
 - în cazuri speciale, pantă unică.
- Profil longitudinal:
 - Declivitate:
 - beton asfaltic BA 12,5m și BA 16m: $\leq 7 \%$;
 - beton asfaltic rugos BAR 16m: $\leq 9 \%$.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturi 4-8, 8-12,5 sau 8-16 (conform SR 667 și SR EN 13043);
 - nisip de concasare sort 0-4 (conform SR 667);
 - nisip natural sort 0-4 (conform SR 662), numai pentru BA 12,5m și BA 16m;
- FILER DE CALCAR (conform SR EN 13043 și/sau STAS 539);
- BITUM MODIFICAT CU POLIMERI (conform SR EN 14023 clasele 3,4,5 și SR 174-1 pct. 2.1.3.3).

Adezivitatea bitumului modificat, determinată conform SR 10969/3, trebuie să fie de min. 80%.

- POLIMERI: tip elastomeri termoplastici liniari și plastomeri, agrementați tehnic conform reglementărilor în vigoare.

Tipul de polimer și dozajul acestuia se stabilesc pe baza unui studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC:

- zona de granulozitate este conform tabelului 1.

Zona de granulozitate

Tabelul 1

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BA 12,5m	-	100	90...100	70...85	55...66	35...50	24...38	-	-	8...16	-	5...10
BA 16m	100	90...100	-	66...85	42...66	30...50	22...42	18...35	11...25	-	8...13	7...10
BAR 16m	100	90...100	-	61...74	39...53	27...40	21...31	18...25	11...15	-	8...11	7...9

- conținutul de bitum în mixtura asfaltică:
 - BA 12,5m, BA 16m: 6,0...7,3 %;
 - BAR 16m: 5,7...6,2 %;
- raportul filer-bitum (recomandat):
 - BA 12,5m, BA 16m: 1,3...1,8;
 - BAR 16m: 1,6...1,8;
- conținutul de nisip natural în amestecul de nisip de concasare cu nisip natural pentru BA 12,5m și BA 16m: max. 25 %
- conținutul de nisip natural la BAR 16m: 0 %.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC CU BITUM MODIFICAT

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 2.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 2

Tipul mixturii asfaltice	Caracteristici			
	Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
BA 12,5m, BA 16m	min.10	2...5	min. 2350	2...5
BAR 16m	min.10	2...5	min. 2350	2...5

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, conform tabelului 3.

Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice

Tabelul 3

Caracteristica	Tipul mixturii asfaltice	
	BA 12,5 m BA 16 m	BAR 16 m
Caracteristici pe cilindri confecționați cu presa giratorie: - volum de goluri la 80 rotații, %	max. 5,0	max. 5,0
Rezistența la deformații permanente: - deformația la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteza de deformație la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu	max. 25000 max. 2,5	max. 25000 max. 2,0
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4500	min. 4500
Caracteristici pe plăci (compactator cu placă) sau pe carote din îmbrăcăminte: rezistența la deformații permanente la 60 °C (ornieraj): - viteza de deformație la ornieraj, mm/1000 cicluri Număr mediu de vehicule** 1500...3000 3000...6000 > 6000 - adâncimea făgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm Număr mediu de vehicule** 1500 – 3000 3000 – 6000 > 6000	max. 1 max. 0,9 max. 0,7 max. 9 max. 8 max. 7	max. 0,9 max. 0,8 max. 0,5 max. 9 max. 7 max. 6

**vehiculele de transport marfă și autobuze, în 24 ore, calculate pentru traficul de perspectivă.

Valorile din tabelul 3 sunt orientative timp de 2 ani, până la strângerea de date și revizuirea standardului.

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum modificat cu polimeri se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de uzură, sunt conform tabelului 4.

Caracteristicile stratului bituminos

Tabelul 4

Tipul mixturei asfaltice	Absorbția de apă, % vol.	Gradul de compactare %
BA 12,5m, BA 16m	2...5	min. 96
BAR 16 m	4...7	min. 96

7. CARACTERISTICILE SUPRAFEȚEI STRATULUI DE UZURĂ

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură în funcție de clasa tehnică a drumului, sunt conform tabelului 5.

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură

Tabelul 5

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Planeitatea în profil longitudinal Indice de planeitate, IRI, m/km: - drumuri de clasă tehnică I și II - drumuri de clasă tehnică III	 ≤ 2,5 ≤ 3,5
Uniformitatea în profil longitudinal Denivelări admisibile măsurate sub dreptarul de 3 m, mm: - drumuri de clasă tehnică I - drumuri de clasă tehnică II - drumuri de clasă tehnică III	 ≤ 3,0 ≤ 4,0 ≤ 5,0
Rugozitatea • Rugozitatea cu pendul SRT, unități SRT: - drumuri de clasă tehnică I și II - drumuri de clasă tehnică III • Rugozitatea geometrică, HS, mm: - drumuri de clasă tehnică I și II - drumuri de clasă tehnică III • Coeficientul de frecare (μGT): - drumuri de clasă tehnică I și II - drumuri de clasă tehnică III	 ≥ 80 ≥ 70 ≥ 0,7 ≥ 0,6 ≥ 0,95 ≥ 0,7
Omogenitate Aspectul suprafeței	Fără degradări sub formă de exces de bitum, fisuri, zone poroase, deschise, șlefuite

8. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Îmbrăcămințile bituminoase cu bitum modificat se execută în perioada mai-septembrie cu condiția ca temperatura atmosferică să fie de min. +15 °C.
- Prepararea bitumului modificat se realizează în rafinărie sau pe șantier la locul de preparare al mixturei asfaltice, în instalații speciale, constituite în principal, din recipient vertical cu agitator și moară coloidală.
- Procesul de fabricare este constituit din mai multe faze:
 - predispersie a polimerului în masa de bitum la 160 °C , în recipientul vertical;
 - dispersie, măcinare și omogenizare în moara coloidală la 160...180 °C . Omogenizarea se realizează prin recircularea amestecului de mai multe ori, din moara coloidală în recipientul vertical.

- Depozitarea bitumului modificat se realizează în recipiente verticale, cu sistem de recirculare sau agitare permanentă, la temperatura de min. 140 °C.
- Prepararea betonului asfaltic cu bitum modificat se realizează în instalație automatizată și dotată conform prevederilor SR 174-2, cu respectarea temperaturilor din tabelul 6.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 6

Temperatura componentilor la prepararea mixturii asfaltice, °C		Temperatura mixturii asfaltice la ieșirea din malaxor, °C
Amestecul de agregate naturale	Bitumul modificat	
175...185	165...180	170...185

- Așternerea mixturii asfaltice se realizează numai cu repartizoare – finisoare, care să asigure precompactarea parțială a mixturii, la temperatura de min. 155°C. Mixtura asfaltică a cărei temperatură, măsurată în buncărul de alimentare al repartizatorului este sub 155°C nu se va așterne.
- Compactarea se execută imediat după așternere, cu compactor cu pneuri de 120-150 kN și un compactor cu rulouri netede de 120 kN, numărul de treceri al fiecărui compactor fiind de min. 10. Temperatura mixturii la compactare este de min. 150°C și de min. 130°C la terminarea acestei operațiuni.

9. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor materialelor respective.

Pentru verificarea pe șantier a calității bitumului modificat sunt obligatorii:

- determinarea ductilității la 13°C, conform SR 61;
- determinarea revenirii elastice la 13°C, conform Metodologiei ind AND nr. 538.

- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**

- *încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic, conform SR 174-1 și anume:

- caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall pentru toate tipurile de mixtură asfaltică, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;
- caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, pentru mixturile asfaltice pentru drumurile de clasă tehnică I și II;
- *rezistența la deformare permanentă* (fluaj dinamic), determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c;
- *rezistența la oboseală*, conform SR EN 12697-24, anexa E;
- *modulul de rigiditate*, conform SR EN 12697-26, anexa C;
- *volumul de gohuri* determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.

- **Verificarea elementelor geometrice:**

- *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ±50 mm;
- *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect;
- *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere de ± 5 mm față de cotele profilului proiectat, cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat.

- **Verificarea execuției lucrărilor:**

- *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, la așternere și pe carote prelevate din stratul de uzură executat, conform SR 174-1, tabelul 16;

- *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de uzură, conform SR 174-2;
- *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2;
- **Verificarea suprafeței stratului de uzură:**
 - *planeitatea în profil longitudinal* (indicele de planeitate IRI), conform normativului AND 563;
 - *uniformitatea în profil longitudinal*, conform SR EN 13036-7;
 - *rugozitatea*, cu aparatul SRT, conform SR EN 13036-4 sau prin metoda înălțimii de nisip, (HS), conform SR EN 13036-1;
 - *coeficientul de frecare μ GT*, conform reglementărilor în vigoare privind aparatul Grip Tester.

STRAT DE UZURĂ DIN MIXTURĂ ASFALTICĂ STABILIZATĂ CU FIBRE DE CELULOZĂ

Mixturile asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză destinate executării stratului de uzură se caracterizează, în general, prin conținut ridicat de criblură de până la 75 % din masa amestecului total, filer (8-12% din masa amestecului total) și un conținut de bitum de 6,2...7,0 %. Ele se realizează fie cu bitum neparafinos pentru drumuri (tipurile MASF 8, MASF 12,5, MASF 16), fie cu bitum modificat cu polimeri (tipurile MASF 8m, MASF 12,5m, MASF 16m), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE:

Strat de uzură pentru drumurile din clasele tehnice I...III, pentru îmbunătățirea planeității și rugozității stratului de rulare, precum și pentru impermeabilizarea acestuia.

Alegerea tipului de mixtură asfaltică se face la proiectarea lucrărilor.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă constructivă a stratului compactat:
 - MASF 8, MASF 8m: 3,0 cm;
 - MASF 12,5, MASF 12,5m, MASF 16, MASF 16m: 3,5 cm.
- Nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect.

- Profil transversal:
 - în aliniament, sub formă de acoperiș;
 - în curbe și zone aferente, conform STAS 863;
 - în cazuri speciale, pantă unică.
- Profil longitudinal:
 - Declivitate: $\leq 9\%$.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturile 4-8, 8-12,5 sau 8-16 (conform SR 667 și SR EN 13043);
 - nisip de concasare sort 0-4 (conform SR 667);
- FILER DE CALCAR (conform SR EN 13043 și/sau TAS 539);
- FIBRE DE CELULOZĂ bitumate sau nebitumate (conform SR 174-1);
- BITUM NEPARAFINOS pentru drumuri tip 60/80 și 50/70, cu o penetrație de maxim 70 1/10 mm;
- BITUM MODIFICAT cu polimeri, clasele 3 și 4 (conform SR EN 14023), cu o penetrație de maxim 70 1/10 mm;

Bitumul pur și bitumul modificat trebuie să prezinte o adezivitate de minim 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969/3.

4. COMPOZIȚIA MIXTURILOR ASFALTICE STABILIZATE CU FIBRE DE CELULOZĂ:

- Zona de granulozitate, conform tabelului 1.

Zona de granulozitate

Tabelul 1

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
MASF 8 MASF 8m	-	100	-	90...100	40...55	20...30	15...22	13...20	12...16	-	11...14	10...12
MASF 12,5 MASF 12,5m	-	100	90...100	50...70	27...40	20...28	16...22	-	-	9...14	-	8...12
MASF 16 MASF 16m	100	90...100	-	44...59	25...37	17...25	16...22	13...20	11...15	-	10...14	9...12

- Conținutul de bitum, % în mixtura asfaltică:
 - MASF 8, MASF 8m: minim 7,0;
 - MASF 12,5, MASF 12,5m: minim 6,5;
 - MASF 16, MASF 16m: minim 6,2.
- Conținutul de fibre active: 0,3...1,0 % din masa mixturii asfaltice, în funcție de tipul și de eficiența fibrei utilizate.

Conținutul optim de fibre se stabilește prin studii preliminare de laborator, după stabilirea unui dozaj optim de bitum, pe baza testului Schellenberg (maxim 0,2 %) și a stabilității Marshall (minim 7,0 kN). Epruvetele Marshall se confecționează cu 75 lovituri pe fiecare parte.

5. CARACTERISTICILE MIXTURILOR ASFALTICE STABILIZATE CU FIBRE

- Caracteristicile fizico-mecanice sunt prezentate în tabelul 2.

Caracteristici fizico-mecanice

Tabelul 2

Caracteristica	Tipul mixturii asfaltice	
	MASF 8, MASF 8m	MASF 12,5, MASF 12,5m, MASF 16, MASF 16m
Volum de goluri pe cilindri Marshall, %	2,5...3,5	3...4
Test Schellenberg, %	max. 0,2	max. 0,2
Rezistența la deformății permanente*(fluaj dinamic): - deformația la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm; - viteza de deformație la 50 °C, 300 kPa și 1800 impulsuri, μm/ciclu	max. 30000 max. 3	max. 30000 max. 3
Modulul de rigiditate la 15 °C, MPa	min. 4000	min. 4500
Deformația la oboseală la 15 °C și 3600 impulsuri, mm	max. 1,2	max. 1,0
Rezistența la deformății permanente la 60 °C* (ornieraj): - viteza de deformație la ornieraj, mm/1000 cicluri, în funcție de numărul mediu de vehicule**: 1500...3000 3000...6000 > 6000	max. 1,0 max. 0,9 max. 0,8	max. 0,9 max. 0,7 max. 0,6
- adâncimea făgașului, %, pentru grosimea probei de 50 mm, în funcție de numărul mediu de vehicule**: 1500...3000 3000... 6000 > 6000	max. 9 max. 9 max. 8	max. 9 max. 8 max. 7

*Valori informative timp de doi ani de la revizuirea SR 174-1, până la strângerea de date.

Dozajele optime de agregate naturale, filer, bitum/bitum modificat și fibre de celuloză se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS DE UZURĂ:

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de uzură trebuie să fie, conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 97 %;
- absorbția de apă: 2...6 % vol.

7. CARACTERISTICILE SUPRAFEȚEI STRATULUI DE UZURĂ DIN MIXTURĂ ASFALTICĂ STABILIZATĂ CU FIBRE

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură în funcție de clasa tehnică a drumului sunt conform tabelului 3.

Caracteristicile suprafeței îmbrămintei bituminoase

Tabelul 3

Caracteristica	Clasa tehnică a drumului	Condiții de admisibilitate
Planeitatea în profil longitudinal: indicele de planeitate IRI, m/km	I – II III	$\leq 2,5$ $\leq 3,5$
Uniformitatea în profil longitudinal: denivelări admisibile măsurate sub dreptarul de 3 m, mm	I II III	$\leq 3,0$ $\leq 4,0$ $\leq 5,0$
Rugozitatea: - rugozitatea cu pendulul SRT, unități SRT	I – II III	≥ 80 ≥ 70
- rugozitatea geometrică, HS, mm	I – II III	$\geq 0,70$ $\geq 0,60$
Coeficientul de frecare cu aparatul Grip Tester , μ GT	I – II III	$\geq 0,95$ $\geq 0,70$

8. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

Prepararea și punerea în operă a mixturii asfaltice stabilizate cu fibre se realizează conform SR 174-2, cu respectarea următoarelor condiții tehnologice specifice:

- dozarea fibrelor: gravimetric, cu echipament special;
- introducerea fibrei direct în malaxor peste amestecul de agregate naturale încălzite la temperatura de 170...190°C împreună cu filerul și malaxarea cu acestea timp de min. 20 sec.;
- adăugarea bitumului, încălzit la temperatura de 160...170°C, și malaxarea în continuare până la omogenizarea amestecului;
- stocarea mixturii asfaltice maxim 2 ore;
- așternerea mecanizată și compactarea, de regulă, cu compactor cu rulouri netede în tandem sau cilindru cu trei tamburi testați la 8-10 t, temperatura mixturii asfaltice fiind:
 - la așternere: min. 155°C
 - la începutul compactării: min. 150°C
 - la sfârșitul compactării: min. 120°C
- numărul de treceri ale compactorului depinde de grosimea stratului din mixtură asfaltică stabilizată cu fibre de celuloză și de natura stratului suport; se stabilește prin încercări preliminare pe teren;
- se poate utiliza și compactor vibrator, dar numai în următoarele condiții:
 - prima trecere, static, imediat în spatele repartizatorului;
 - următoarele două treceri, compactorul cu vibrații (greutate maxim 6 t);
 - continuarea compactării prin 4-8 treceri statice.

Darea în circulație se face numai după cel puțin 12 ore de la terminarea compactării. Temperatura mixturii asfaltice din stratul bituminos executat, la darea în circulație, nu trebuie să fie mai mare de 60°C.

Se interzice:

- compactarea cu compactori cu pneuri sau combinați, datorită aderenței mari a mixturii asfaltice cu fibre de celuloză;
- compactarea cu compactori vibratorii în cazul așternerii pe straturi rigide (beton de ciment, calea pe pod).

9. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor materialelor respective.

Pentru verificarea pe șantier a calității bitumului modificat sunt obligatorii:

- determinarea ductilității la 13°C, conform SR 61;
- determinarea revenirii elastice la 13°C, conform Metodologiei ind AND nr. 538.

- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**

- *încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției mixturii asfaltice stabilizată cu fibre, conform SR 174-1 și anume:

- volum de goluri pe epruvete Marshall;

- volum de goluri umplut cu bitum;

- test Schellenberg; caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall pentru toate tipurile de mixtură asfaltică, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;

- caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, pentru mixturile asfaltice pentru drumurile de clasă tehnică I și II;

- *rezistența la deformare permanentă* (fluaj dinamic), determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c;

- *rezistența la oboseală*, conform SR EN 12697-24, anexa E;

- *modulul de rigiditate*, conform SR EN 12697-26, anexa C;

- *volumul de goluri* determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.

- **Verificarea elementelor geometrice:**

- *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;

- *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect;

- *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere de ± 5 mm față de cotele profilului proiectat, cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat.

- **Verificarea execuției lucrărilor:**

- *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, la așternere și pe carote prelevate din stratul de uzură executat, conform SR 174-1, tabelul 16;

- *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de uzură, conform SR 174-2;

- *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2;

- **Verificarea suprafeței stratului de uzură:**

- *planeitatea în profil longitudinal* (indicele de planeitate IRI), conform normativului AND 563;
- *uniformitatea în profil longitudinal*, conform SR EN 13036-7;
- *rugozitatea*, cu aparatul SRT, conform SR EN 13036-4 sau prin metoda înălțimii de nisip, (HS), conform SR EN 13036-1;
- *coeficientul de frecare μ GT*, conform reglementărilor în vigoare privind aparatul Grip Tester.

STRAT DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC CU PIETRIȘ CONCASAT, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic tip BA PC 16 face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu agregate naturale de balastieră, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE:

Strat de uzură în alcătuirea îmbrăcămintei bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice IV și V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 4 cm;
Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.
- Profil transversal:
 - în aliniament, sub formă de acoperiș;
 - în curbe și zone aferente, conform STAS 863;
 - în cazuri speciale, pantă unică.
- Profil longitudinal:
Declivitate: $\leq 7\%$

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - pietriș concasat sorturi 4-8, 8-16 (conform SR 662);
 - nisip natural sort 0-4 (conform SR 662).
 - FILER DE CALCAR (conform SR EN 13043 și/sau STAS 539)
 - BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100, conform SR 754;
 - tip 50/70 și 70/100, conform Normativ ind. AND 537.
- Utilizarea biturilor se face în funcție de zona climaterică, conform tabelului 1.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 1

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să prezinte o adezivitate de minimum 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969/3.

În cazul în care adezivitatea este sub valoarea admisibilă, bitumul se aditivează cu aditivi, conform SR 174-1.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute pentru bitumul neparafinos pentru drumuri.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC:

- zona de granulozitate este conform tabelului 2.

Zona de granulozitate

Tabelul 2

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %											
	25	16	12,5	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BA PC 16	100	90...100	-	66...85	42...66	30...50	22...42	18...35	11...25	-	8...13	7...10

- conținutul de bitum în mixtura asfaltică: 6,0...7,5 %;
- raportul filer-bitum: 1,3...1,8.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC BA PC 16

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 3.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 3

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
		Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
BA PC 16	IV-V	min. 6,5	1,5...4,5	1,4...4,3	min. 2300	1,5...5,0

Epruvetele Marshall se confecționează cu 50 lovituri pe fiecare față.

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum/bitum aditivat se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de uzură trebuie să fie conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 96 %;
- absorbția de apă: 2...5 %.

7. CARACTERISTICILE SUPRAFETEI STRATULUI DE UZURĂ DIN BETON ASFALTIC BA PC 16

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură sunt în funcție de clasa tehnică a drumului, conform tabelului 4.

Caracteristicile suprafeței stratului de uzură

Tabelul 4

Caracteristica	Condiții de admisibilitate
Planeitatea în profil longitudinal Indice de planeitate, IRI, m/km: - drumuri de clasă tehnică IV - drumuri de clasă tehnică V	$\leq 4,5$ $\leq 5,5$
Uniformitatea în profil longitudinal Denivelări admisibile măsurate sub dreptarul de 3 m, mm: - drumuri de clasă tehnică IV și V	$\leq 5,0$
Rugozitatea • Rugozitatea cu pendul SRT, unități SRT: - drumuri de clasă tehnică IV și V • Rugozitatea geometrică, HS, mm: - drumuri de clasă tehnică IV și V	≥ 60 $\geq 0,55$
Omogenitate Aspectul suprafeței	Fără degradări sub formă de exces de bitum, fisuri, zone poroase, deschise, șlefuite

Nota 1 – Planeitatea în profil longitudinal se determină fie prin măsurarea indicelui de planeitate IRI, fie prin măsurarea denivelărilor sub dreptarul de 3 m.

Nota 2 – Rugozitatea se determină fie prin măsurarea cu pendulul SRT, fie prin măsurarea rugozității geometrice HS. În caz de litigiu se determină rugozitatea cu pendulul SRT.

8. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Betonul asfaltic se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 5.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 5

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/80, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170

- Așternerea mixturii asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizatoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 6.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 6

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternerea	Compactarea	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80

- Execuția stratului de uzură din beton asfaltic se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor pentru materialele respective.
- Verificarea calității mixturii asfaltice:**
 - încercări inițiale de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic, conform SR 174-1 și anume, caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall pentru toate tipurile de mixtură asfaltică, conform SR EN 12697-34;

- **Verificarea elementelor geometrice:**

- *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;
- *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea prevăzută în proiect;
- *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere de ± 5 mm față de cotele profilului proiectat, cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat.

- **Verificarea execuției lucrărilor:**

- *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, la așternere și pe carote prelevate din stratul de uzură executat, conform SR 174-1, tabelul 16;
- *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de uzură, conform SR 174-2;
- *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2;

- **Verificarea suprafeței stratului de uzură:**

- *planeitatea în profil longitudinal* (indicele de planeitate IRI), conform normativului AND 563;
- *uniformitatea în profil longitudinal*, conform SR EN 13036-7;
- *rugozitatea*, cu aparatul SRT, conform SR EN 13036-4 sau prin metoda înălțimii de nisip, (HS), conform SR EN 13036-1;

STRAT DE LEGĂTURĂ DIN BETON ASFALTIC DESCHIS, CU CRIBLURĂ, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic deschis cu criblură (BAD 20 și BAD 25) face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de legătură în alcătuirea îmbrăcămintei bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice I...IV.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 5 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare. Nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturile 4-8, 8-16, 16-20 sau 16-25 conform SR EN 13043 și/sau SR 667;
 - nisip de concasare sort 0-4, conform SR 667;
 - nisip natural sort 0-4, conform STAS 662;
- FILER DE CALCAR, conform SR EN 13043 și/sau STAS 539;
- BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100, conform SR 754;
 - tip 50/70 și 70/100, conform Normativ ind. AND 537, SR EN 12591 și SR 174-1, pct. 2.1.3.2;
 - tip 35/50, conform SR EN 12591 și SR 174-1, pct. 2.1.3.2.

Utilizarea bitumurilor se face în funcție de zona climaterică, conform tabelului 1.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 1

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	35/50, D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să prezinte o adezivitate de minimum 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969.

În cazul în care adezivitatea este sub valoarea admisibilă, bitumul se aditivează cu aditivi, conform SR 174-1.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute pentru bitumul neparafinos pentru drumuri.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU CRIBLURĂ:

- Zona de granulozitate, conform tabelului 2.

Zona de granulozitate

Tabelul 2

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %												
	31,5	25	20	16	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BAD 20	100	-	90...100	73...90	40...60	28...45	20...35	14...30	-	-	5...10	-	3...7
BAD25	100	90...100	-	73...90	42...61	28...45	20...35	14...32	10...30	5...20	-	3...8	2...5

- Conținutul de bitum în mixtura asfaltică, recomandat: 4,0...5,0%.
- Raportul filer-bitum: 0,2...1,0.
- Conținutul de nisip natural în amestecul de nisip de concasare cu nisip natural pentru BAD 20 și BAD 25: 50 %.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU CRIBLURĂ:

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 3.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 3

Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
	Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
I...IV	min. 5,0	1,5...4,5	1,1...3,3	min. 2250	1,5...6,0

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice pe cilindri confecționați la presa giratorie, conform tabelului 4.

Caracteristici fizico-mecanice prin încercări dinamice

Tabelul 4

Caracteristica	Beton asfaltic deschis cu criblură BAD 20 și BAD 25
Volum de goluri la 120 rotații, %	max. 9,5
Rezistența la deformare permanentă (fluaj dinamic): - deformarea la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteza de deformare la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu	20000 max. 2
Modul de rigiditate la 15 °C, MPa	4000
Rezistența la oboseală. Numărul de cicluri până la fisurare la 15 °C	400000

Valorile din tabelul 4 sunt orientative timp de doi ani, până la strângere de date.

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum/bitum aditivat se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autoriza/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de legătură trebuie să fie conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 96 %;
- absorbția de apă: 3...8 % vol.

7. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Betonul asfaltic deschis cu criblură (BAD 20 și BAD 25) se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 5. Se menționează că în cazul bitumului tip 35/50, pentru care în SR 174-1 nu sunt

prevăzute temperaturi tehnologice, au fost date în mod informativ temperaturile corespunzătoare asfaltului turnat.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 5

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/80, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170
35/50	170...190	170...190	170...190

- Așternerea mixturii asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizatoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 6.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 6

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternerea	Compactarea	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80
35/50	160	125	90

Valorile temperaturilor tehnologice din tabelele 5 și 6 sunt orientative, până la revizuirea SR 174-2.

- Execuția stratului de legătură din beton asfaltic deschis cu criblură se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor respective de materiale.
- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**
 - **încercări inițiale** de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic deschis cu criblură, conform SR 174-1 și anume:
 - caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;
 - caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, pentru mixturile asfaltice pentru drumurile de clasă tehnică I și II:
 - **rezistența la deformare permanentă (fluaj dinamic), determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c;**
 - **rezistența la oboseală, conform SR EN 12697-24, anexa E;**
 - **modulul de rigiditate, conform SR EN 12697-26, anexa C;**
 - **volumul de goluri determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.**
- **Verificarea elementelor geometrice:**
 - **lățimea stratului** se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ±50 mm;
 - **grosimea stratului** trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect;
 - **cotele profilului longitudinal** se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere limită locală de ±5,0 mm față de cotele profilului de proiectare adoptat.

- **Verificarea execuției lucrărilor:**

- *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, așternere și pe carote prelevate din stratul de legătură executat, conform SR 174-1;
- *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de legătură, conform SR 174-2;
- *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2.

STRAT DE LEGĂTURĂ DIN BETON ASFALTIC DESCHIS, CU CRIBLURĂ ȘI BITUM MODIFICAT, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic deschis cu criblură (BAD 25m) face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu bitum modificat, conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de legătură în alcătuirea îmbrăcăminții bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice I...III.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 5 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare. Nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:**
 - cribluri sorturile 4-8, 8-16, 16-25 conform SR EN 13043 și/sau SR 667;
 - nisip de concasare sort 0-4, conform SR 667;
 - nisip natural sort 0-4, conform STAS 662;
- FILER DE CALCAR**, conform SR EN 13043 și/sau STAS 539;
- BITUM MODIFICAT CU POLIMERI** (conform SR EN 14023, CLASELE 3,4,5 și SR 174-1, pct. 2.1.3.3).

Adezivitatea bitumului modificat determinată conform SR 10969/3, trebuie să fie de min. 80%.

- POLIMERI:** tip elastomeri termoplastici liniari și plastomeri, agrementați tehnic conform reglementărilor în vigoare.

Tipul de polimer și dozajul acestuia în bitum se stabilesc pe baza unui studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC DESCHIS BAD 25m:

- Zona de granulozitate, conform tabelului 1.

Zona de granulozitate

Tabelul 1

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %												
	31,5	25	20	16	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BAD 25m	100	90...100	-	73...90	42...61	28...45	20...35	14...32	10...30	5...20	-	3...8	2...5

- Conținutul de bitum în mixtura asfaltică, recomandat: 4,0...5,0 %.
- Raportul filer-bitum: 0,5...1,4.
- Conținutul de nisip natural în amestecul de nisip de concasare cu nisip natural: 50 %.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU BITUM MODIFICAT:

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall:
 - stabilitate la 60°C (S), kN: min.8 kN;
 - indice de curgere(I): 2,0...4,5 mm;
 - densitate aparentă: min. 2300 kg/m³;
 - absorbție de apă: 2...5 % vol.
- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice pe cilindri confecționați la presa giratorie, conform tabelului 1.

Caracteristici fizico-mecanice prin încercări dinamice

Tabelul 1

Caracteristica	Beton asfaltic deschis cu criblură BAD 25m
Volum de goluri la 120 rotații, %	max. 9,5
Rezistența la deformății permanente (fluaj dinamic): - deformația la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m - viteză de deformație la 40 °C, 200 kPa și 1800 impulsuri, μm/m/ciclu	20000 max. 2
Modul de rigiditate la 15 °C, MPa	4000
Rezistența la oboseală. Numărul de cicluri până la fisurare la 15 °C	400000

Valorile din tabelul 1 sunt orientative timp de doi ani, până la strângere de date.

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum modificat se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autoriza/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de legătură trebuie să fie conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 96 %;
- absorbția de apă: 3...8 % vol.

7. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Îmbrăcămințile bituminoase cu bitum modificat se execută în perioada mai-septembrie cu condiția ca temperatura atmosferică să fie de min. +15 °C, conform normativului ind. AND 549.
- Prepararea bitumului modificat se realizează în rafinărie sau pe șantier la locul de preparare al mixturii asfaltice, în instalații speciale, constituite în principal, din recipient vertical cu agitator și moară coloidală.
- Procesul de fabricare este constituit din mai multe faze:
 - predispersie a polimerului în masa de bitum la 160 °C , în recipientul vertical;
 - dispersie, măcinare și omogenizare în moara coloidală la 160...180 °C . Omogenizarea se realizează prin recircularea amestecului de mai multe ori, din moara coloidală în recipientul vertical.
- Depozitarea bitumului modificat se realizează în recipiente verticale, cu sistem de recirculare sau agitare permanentă, la temperatura de min. 140 °C.
- Prepararea betonului asfaltic deschis cu bitum modificat se realizează în instalație automatizată și dotată conform prevederilor SR 174-2 și a normativului ind. AND 549, cu respectarea temperaturilor din tabelul 2.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 2

Temperatura componentilor la prepararea mixturii asfaltice, °C		Temperatura mixturii asfaltice la ieșirea din malaxor, °C
Amestecul de agregate naturale	Bitumul modificat	
175...185	165...180	170...185

Valorile temperaturilor tehnologice din tabelul 2 sunt orientative, până la revizuirea SR 174-2.

- Așternerea mixturii asfaltice se realizează numai cu repartizatoare – finisoare, care să asigure precompactarea parțială a mixturii, la temperatura de min. 155°C. Mixtura asfaltică a cărei temperatură, măsurată în buncărul de alimentare al repartizatorului este sub 155°C nu se va așterne.
- Compactarea se execută imediat după așternere, cu compactor cu pneuri de 120-150 kN și un compactor cu rulouri netede de 120 kN, numărul de treceri al fiecărui compactor fiind de min. 10. Temperatura mixturii la compactare este de min. 150°C și de min. 130°C la terminarea acestei operațiuni.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor respective de materiale.
- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**
 - *încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic deschis cu criblură, conform SR 174-1 și anume:
 - caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;
 - caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, pentru mixturile asfaltice pentru drumurile de clasă tehnică I și II:
 - *rezistența la deformare permanentă (fluaj dinamic), determinată conform SR EN 12697-25, metoda B, pct. 5.2.c;*
 - *rezistența la oboseală, conform SR EN 12697-24, anexa E;*
 - *modulul de rigiditate, conform SR EN 12697-26, anexa C;*
 - *volumul de goluri determinat pe epruvete confecționate la presa de compactare giratorie, conform SR EN 12697-8 și SR EN 12697-31.*
- **Verificarea elementelor geometrice:**
 - *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ±50 mm;
 - *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect;
 - *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere limită locală de ±5,0 mm față de cotele profilului de proiectare adoptat.
- **Verificarea execuției lucrărilor:**
 - *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, așternere și pe carote prelevate din stratul de legătură executat, conform SR 174-1;
 - *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de legătură, conform SR 174-2;
 - *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform normativului ind. AND 549.

STRAT DE LEGĂTURĂ DIN BETON ASFALTIC DESCHIS CU PIETRIȘ CONCASAT, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic deschis cu pietriș concasat (BADPC 25) face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de legătură în alcătuirea îmbrăcăminții bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice III...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 5 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare. Nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturile 4-8, 8-16, 16-20 sau 16-25 conform SR EN 13043 și/sau SR 667;
 - nisip de concasare sort 0-4, conform SR 667;
 - nisip natural sort 0-4, conform STAS 662;
- FILER DE CALCAR, conform SR EN 13043 și/sau STAS 539;
- BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100, conform SR 754;
 - tip 50/70 și 70/100, conform Normativ ind. AND 537, SR EN 12591 și SR 174-1, pct. 2.1.3.2;
 - tip 35/50, conform SR EN 12591 și SR 174-1, pct. 2.1.3.2.

Utilizarea bitumurilor se face în funcție de zona climaterică, conform tabelului 1.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 1

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	35/50, D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să prezinte o adezivitate de minimum 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969.

În cazul în care adezivitatea este sub valoarea admisibilă, bitumul se aditivează cu aditivi, conform SR 174-1.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute pentru bitumul neparafinos pentru drumuri.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU PIETRIȘ CONCASAT:

- Zona de granulozitate, conform tabelului 2.

Zona de granulozitate

Tabelul 2

Tipul măturii asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %												
	31,5	25	20	16	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BADPC 25	100	90...100	-	73...90	42...61	28...45	20...35	14...32	10...30	5...20	-	3...8	2...5

- Conținutul de bitum în mixtura asfaltică, recomandat: 4,0...5,0 %.
- Raportul filer-bitum: 0,5...1,4.
- Conținutul de nisip natural în amestecul de nisip de concasare cu nisip natural: 50 %.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU PIETRIȘ CONCASAT:

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 3.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 3

Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
	Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
III...V	min. 4,5	1,5...4,5	1,0...3,0	min. 2250	1,5...6,0

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum/bitum aditivat se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autoriza/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de legătură trebuie să fie conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 96 %;
- absorbția de apă: 3...8 % vol.

7. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Betonul asfaltic deschis cu pietriș concasat (BADPC 25) se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 4. Se menționează că în cazul bitumului tip 35/50, pentru care în SR 174-1 nu sunt prevăzute temperaturi tehnologice, au fost date în mod informativ temperaturile corespunzătoare asfaltului turnat.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 4

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/80, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170
35/50	170...190	170...190	170...190

- Așternerea mixturii asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizatoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 5.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 5

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternerea	Compactarea	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80
35/50	160	125	90

Valorile temperaturilor tehnologice din tabelele 4 și 5 sunt orientative, până la revizuirea SR 174-2.

- Execuția stratului de legătură din beton asfaltic deschis cu pietriș concasat se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor respective de materiale.
- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**
 - *încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic deschis cu pietriș concasat, conform SR 174-1 și anume caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;
- **Verificarea elementelor geometrice:**
 - *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;
 - *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect;
 - *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere limită locală de $\pm 5,0$ mm față de cotele profilului de proiectare adoptat.
- **Verificarea execuției lucrărilor:**
 - *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, așternere și pe carote prelevate din stratul de legătură executat, conform SR 174-1;
 - *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de legătură, conform SR 174-2;
 - *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2.

STRAT DE LEGĂTURĂ DIN BETON ASFALTIC DESCHIS CU PIETRIȘ SORTAT, EXECUTAT LA CALD

Betonul asfaltic deschis cu pietriș sortat (BADPS 25) face parte din familia îmbrăcăminților bituminoase cilindrate executate din mixturi asfaltice preparate la cald, cu agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 174-1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de legătură în alcătuirea îmbrăcăminții bituminoase, pentru drumurile din clasele tehnice IV și V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă a stratului compactat: 5 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare. Nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - cribluri sorturile 4-8, 8-16, 16-20 sau 16-25 conform SR EN 13043 și/sau SR 667;
 - nisip de concasare sort 0-4, conform SR 667;
 - nisip natural sort 0-4, conform STAS 662;
- FILER DE CALCAR, conform SR EN 13043 și/sau STAS 539;
- BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100, conform SR 754;
 - tip 50/70 și 70/100, conform Normativ ind. AND 537, SR EN 12591 și SR 174-1, pct. 2.1.3.2;
 - tip 35/50, conform SR EN 12591 și SR 174-1, pct. 2.1.3.2.

Utilizarea bitumurilor se face în funcție de zona climaterică, conform tabelului 1.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 1

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	35/50, D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Bitumul neparafinos pentru drumuri trebuie să prezinte o adezivitate de minimum 80 % față de agregatele utilizate la lucrarea respectivă, determinată prin metoda cantitativă SR 10969.

În cazul în care adezivitatea este sub valoarea admisibilă, bitumul se aditivează cu aditivi, conform SR 174-1.

Bitumul aditivat trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute pentru bitumul neparafinos pentru drumuri.

4. COMPOZIȚIA BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU PIETRIȘ SORTAT:

- Zona de granulozitate, conform tabelului 2.

Zona de granulozitate

Tabelul 2

Tipul mixturei asfaltice	Treceri prin sita cu ochiuri pătrate de ...mm, %												
	31,5	25	20	16	8	4	2	1	0,63	0,20	0,125	0,10	0,063
BADPS 25	100	90...100	-	73...90	42...61	28...45	20...35	14...32	10...30	5...20	-	3...8	2...5

- Conținutul de bitum în mixtura asfaltică, recomandat: 4,0...5,0 %.
- Raportul filer-bitum: 0,5...1,4.
- Conținutul de nisip natural în amestecul de nisip de concasare cu nisip natural: 50 %.

5. CARACTERISTICILE BETONULUI ASFALTIC DESCHIS CU PIETRIȘ SORTAT:

- Caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări pe epruvete Marshall, conform tabelului 3.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 3

Clasa tehnică a drumului	Caracteristici				
	Stabilitate la 60°C (S), kN	Indice de curgere (I), mm	Raport S/I kN/mm	Densitate aparentă, kg/m ³	Absorbție de apă, % vol
III...V	min. 4,5	1,5...4,5	1,0...3,0	min. 2250	1,5...6,0

Dozajele optime de agregate naturale, filer și bitum/bitum aditivat se stabilesc prin studiu preliminar, efectuat de către un laborator autoriza/acreditat.

6. CARACTERISTICILE STRATULUI BITUMINOS

Gradul de compactare și absorbția de apă, determinate pe carote prelevate din stratul de legătură trebuie să fie conform SR 174-1:

- grad de compactare: minim 96 %;
- absorbția de apă: 3...8 % vol.

7. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Betonul asfaltic deschis cu pietriș sortat (BADPS 25) se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 4. Se menționează că în cazul bitumului tip 35/50, pentru care în SR 174-1 nu sunt prevăzute temperaturi tehnologice, au fost date în mod informativ temperaturile corespunzătoare asfaltului turnat.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturei asfaltice

Tabelul 4

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/80, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170
35/50	170...190	170...190	170...190

- Așternerea mixturei asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizatoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 5.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 5

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternerea	Compactarea	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80
35/50	160	125	90

Valorile temperaturilor tehnologice din tabelele 4 și 5 sunt orientative, până la revizuirea SR 174-2.

- Execuția stratului de legătură din beton asfaltic deschis cu pietriș sortat se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- **Verificarea calității materialelor:** conform standardelor și normativelor respective de materiale.
- **Verificarea calității mixturii asfaltice:**
 - *încercări inițiale* de tip pentru stabilirea compoziției betonului asfaltic deschis cu pietriș sortat, conform SR 174-1 și anume caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall, indiferent de clasa tehnică a drumului, conform SR EN 12697-34;
- **Verificarea elementelor geometrice:**
 - *lățimea stratului* se verifică conform STAS 2900; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;
 - *grosimea stratului* trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție; nu se admit abateri în minus față de grosimea medie prevăzută în proiect;
 - *cotele profilului longitudinal* se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere limită locală de $\pm 5,0$ mm față de cotele profilului de proiectare adoptat.
- **Verificarea execuției lucrărilor:**
 - *compoziția și caracteristicile fizico-mecanice*, pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, așternere și pe carote prelevate din stratul de legătură executat, conform SR 174-1;
 - *gradul de compactare*, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de legătură, conform SR 174-2;
 - *procesul tehnologic*: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2.

STRAT DE BAZĂ DIN MIXTURĂ ASFALTICĂ EXECUTATĂ LA CALD

Mixturile asfaltice (tip AB 1 și AB 2) destinate executării straturilor de bază cilindrate la cald, fac parte din familia mixturilor preparate din agregate naturale, filer și bitum neparafinos pentru drumuri (bitum pur), conform SR 7970/2001.

- 1. DOMENIUL DE UTILIZARE:** Strat de bază în alcătuirea sistemelor rutiere suple și semirigide, pentru drumurile din clasele tehnice I...V, conform tabelului 1.

Tipul mixturii asfaltice în funcție de clasa tehnică a drumului

Tabelul 1

Tipul mixturii asfaltice	Simbol	Clasa tehnică a drumului
Anrobat bituminos cu agregate mijlocii	AB 1	II...V
Anrobat bituminos cu agregate mari	AB 2	I...V

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă constructivă totală a stratului de bază:
 - anrobat bituminos cu agregate mijlocii (tip AB 1): 5,0 cm;
 - anrobat bituminos cu agregate mari (tip AB 2): 6,0 cm.
- Grosimea totală a stratului de bază se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - agregate naturale de carieră (conform SR 667):
 - * cribluri sorturile 4-8, 8-16 și 16-25;
 - * nisip de concasare sort 0-4;
 - * savură sort 0-8;
 - agregate naturale de balastieră (conform SR 662):
 - * pietriș sort 8-25 sau sortat pe sorturile 8-16 și 16-25;
 - * nisip natural sort 0-4;
 - * nisip și pietriș sorturile 0-4, 4-8, 8-16, 16-25, rezultate din concasarea agregatelor de râu, cu caracteristici corespunzătoare nisipului de concasare și criblurilor, prevăzute în SR 667.

Aceste sorturi urmează să fie introduse în SR 7970 la revizuirea acestuia.

- FILER DE CALCAR (conform STAS 539)
- BITUM NEPARAFINOS PENTRU DRUMURI:
 - tip D 60/80 și tip D 80/100 (conform SR 754);
 - tip 50/70 și 70/100 (conform normativ ind. AND 537).

Bitumurile se selectează în funcție de zona climaterică, conform tabelului 2.

Tipurile de bitum în funcție de zona climaterică

Tabelul 2

Zona climaterică (SR 174-1)	Tipul bitumului
Zona caldă	D 60/80 și 50/70
Zona rece	D 80/100 și 70/100

Adezivitatea bitumului față de agregatul natural utilizat, determinată cu metoda cantitativă SR 10969 trebuie să fie de min.80 %, conform SR 174-1.

În cazul în care adezivitatea se situează sub valoarea minimă admisibilă, bitumul se aditivează.

4. COMPOZIȚIA MIXTURILOR ASFALTICE TIP AB 1 ȘI AB 2:

- agregatele naturale utilizate se stabilesc în funcție de clasa tehnică a drumului, conform tabelului 3.

Tabelul 3

Clasa tehnică a drumului	Agregate naturale utilizate
I (autostrăzi)	- cribluri sort 4-8, 8-16 și 16-25 - nisip de concasare sort 0-4 - nisip natural sort 0-4 - filer
II	- cribluri: min. 35% (recomandabil 16-25 sau 8-16 și 16-25) - pietriș sort 8-16, 16-25, rezultat din concasarea agregatelor de râu - nisip de concasare sort 0-4 - nisip natural sort 0-4 - filer
III	- pietriș concasat, sort 8-16 sau 16-25 - nisip de concasare sort 0-4 sau savură sort 0-8 - nisip natural sort 0-4 - filer
IV-V	- pietriș sort 16-25 sau sorturile 8-16 și 16-25 - nisip natural sort 0-4 - filer

- zona de granulozitate, conform tabelului 4.

Zona de granulozitate

Tabelul 4

Tipul mixturii asfaltice	Treceri prin site cu ochiuri pătrate de ... mm, %									
	31,5	25	16	8	4	1	0,5	0,25	0,1	0,08
AB 1	100	90-100	80-100	67-91	53-78	30-58	20-47	10-34	5-14	3-9
AB 2	100	90-100	71-100	50-86	34-63	14-39	9-32	5-25	3-11	2-8

- conținutul de bitum în mixtura asfaltică, în funcție de tipul agregatului natural utilizat, conform tabelului 5.

Conținutul de bitum în mixtura asfaltică

Tabelul 5

Tipul agregatului natural din mixtura asfaltică	Conținutul recomandat de bitum, %	
	AB 1	AB 2
Agregate naturale concasate	3,6 ... 5,4	3,4 ... 5,0
Agregate naturale de balastieră neconcasate	3,5 ... 5,0	3,3 ... 4,8

5. CARACTERISTICILE MIXTURILOR ASFALTICE:

- epruvete Marshall, conform tabelului 6.

Caracteristici fizico-mecanice pe epruvete Marshall

Tabelul 6

Tipul mixturii asfaltice	Clasa tehnică a drumului	Tipul bitumului	Stabilitatea la 60°C (S), kN	Indicele de curgere (I), mm	Densitatea aparentă kg/m ³	Absorbția de apă % vol.
AB 1	I...III	D 60/80, 50/70 D 80/100, 70/100	min. 5,0 min. 4,5	1,5...4,0 1,5...4,5	min. 2200	2...8
	IV...V	D 60/80, 50/70 D 80/100, 70/100	min. 4,5 min. 4,0	1,5...4,5 1,5...4,5		
AB 2	I...III	D 60/80, 50/70 D 80/100, 70/100	min. 5,5 min. 5,0	1,5...3,5 1,5...4,0		
	IV...V	D 60/80, 50/70 D 80/100, 70/100	min. 5,0 min. 4,5	1,5...4,0 1,5...4,5		

- epruvete cuburi:
 - rezistența la compresiune la 22°C: min. 2,5 N/mm²
 - reducerea rezistenței la compresiune la 22°C, după 28 zile de păstrare în apă: max. 30%
 - densitate aparentă: min. 2150 kg/m³
 - absorbție de apă: 2...10% vol.
- carote prelevate din stratul de bază executat:
 - densitate aparentă: min. 2150 kg/m³
 - absorbție de apă: 2...10% vol.
 - grad de compactare: min. 96%
- caracteristicile bitumului extras din mixtura asfaltică:
 - creșterea punctului de înmuiere al bitumului extras, față de cel al bitumului înainte de prepararea mixturii asfaltice: max. 9°C.

Urmare preluării standardelor europene privind metodele de încercări pentru mixturile asfaltice, în prezent s-a renunțat la încercările pe epruvete cubice, considerate nesemnificative pentru definirea comportării în exploatare a mixturilor asfaltice. În consecință, STAS 1338-2 a fost anulat, iar la revizuirea SR 7970:2001 urmează ca încercările pe epruvete cubice să fie eliminate și să fie introduse caracteristici fizico-mecanice determinate prin încercări dinamice, similar cu SR 174-1:2009.

6. CARACTERISTICILE SUPRAFETEI STRATULUI DE BAZĂ:

- uniformitatea măsurată sub dreptarul de 3 m:
 - în cazul acoperirii imediat cu îmbrăcăminte bituminoasă: max. 10 mm
 - în cazul în care stratul de bază se dă în circulație, fără protejare cu îmbrăcăminte bituminoasă:
 - max. 3 mm – drumuri clasa tehnică I
 - max. 4 mm – drumuri clasa tehnică II
 - max. 5 mm – drumuri clasa tehnică III
 - max. 7 mm – drumuri clasa tehnică IV-V

7. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Mixturile asfaltice tip AB 1 și AB 2 se prepară în instalații fixe, prevăzute cu dispozitive de predozare, uscare, resortare și dozare gravimetrică a agregatelor naturale, dozare gravimetrică sau volumetrică a bitumului și filerului, precum și dispozitiv de malaxare forțată a agregatelor cu bitumul, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 7.

Temperaturi tehnologice la prepararea mixturii asfaltice

Tabelul 7

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Agregatele naturale	Bitumul	Mixtura asfaltică la ieșire din malaxor
D 60/8, 50/70	170...190	165...175	160...180
D 80/100, 70/100	165...180	160...170	155...170

- Așternerea mixturii asfaltice se efectuează mecanizat, cu repartizoare – finisoare, iar compactarea se face cu compactoare cu rulouri netede, cu respectarea temperaturilor tehnologice din tabelul 8.

Temperaturi tehnologice la punerea în operă a mixturii asfaltice

Tabelul 8

Tipul liantului	Temperatura, °C		
	Așternere	Compactare	
		Început	Sfârșit
D 60/80, 50/70	145	120	90
D 80/100, 70/100	140	115	80

- Execuția stratului de uzură din beton asfaltic bogat în criblură se realizează conform SR 174-2.

8. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor și normativelor respective de materiale.
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2; abaterile limită locale admise sunt de ± 50 mm;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție, cu abateri pentru fiecare strat în parte, de maxim 10%;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție; se admite o abatere limită locală de ± 20 mm cu condiția respectării pasului de proiectare adoptat.
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - compoziția și caracteristicile fizico-mecanice, conform STAS 1338-2 și STAS 1338-3 pe probe de mixturi asfaltice recoltate de la instalația de preparare, așternere și pe carote prelevate din stratul de uzură executat, conform SR 174-2;
 - gradul de compactare, prin încercări de laborator pe carote prelevate din stratul de uzură, conform STAS 1338-2 sau in situ, conform SR 174-2;
 - procesul tehnologic: temperaturile tehnologice la prepararea, așternerea și compactarea mixturii asfaltice, granulozitatea amestecului de agregate naturale, modul de compactare și modul de execuție a rosturilor, conform SR 174-2;
- Verificarea suprafeței stratului de uzură:
 - uniformitatea în profil longitudinal, conform SR 174-2.

STRAT DE BAZĂ DIN MACADAM PENETRAT ȘI SEMIPENETRAT

Macadamurile penetrate și semipenetrare se realizează după principiul macadamului la care penetrarea se realizează cu bitum sau cu emulsie bituminoasă cationică, urmată de așternere de criblură sau split și compactare prin cilindrare, conform SR 1120/1995.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de bază, în special acolo unde se aplică principiul îmbunătățirilor succesive, pentru următoarele clase tehnice a drumului:

- macadam penetrat: clasă tehnică II...III;
- macadam semipenetrat: clasă tehnică III.

2. ELEMENTE GEOMETRICE:

- Grosimea minimă: - 12 cm înainte de cilindrare;
- 10 cm după cilindrare.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - piatră spartă mare sort 40-63, conform SR 667;
 - split sort 16-25, conform SR 667;
 - criblură sort 4-8 și 16-25, conform SR 667.
- LIANȚI BITUMINOȘI
 - bitum (conform Normativ ind AND 537):
 - * bitum tip D 80/100 – pentru penetrare;
 - * bitum tip D 80/100 sau D 180/200 – pentru tratamentul de închidere
 - emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă tip EBCR (conform Normativ ind AND 552) pentru penetrare și pentru tratamentul de închidere.

4. COMPOZIȚIA MACADAMURILOR BITUMINOASE:

- Sorturile de agregate naturale de carieră, tipurile de lianți și limitele dozajelor de materiale componente pentru executarea stratului de bază din macadam penetrat și macadam semipenetrat, sunt conform tabelului 1.

Tabelul 1

Tipul macadamului bituminos	Dozajele agregatelor naturale, kg/m ²				Dozajele liantului bituminos, kg/m ²	
	Stratul de piatră spartă		Stratul de acoperire		Penetrare I	Penetrare II
	Schelet mineral	Împănare	După penetrare I	După penetrare II		
1. Macadam penetrat - cu bitum	180...200 (sort 40-63)	11...15 (split sort 16-25)	20...25 (split sort 16-25)	15...20 (criblură sort 16-25)	3...3,5	2...2,5
- cu emulsie bituminoasă				15...20 (split sort 16-25)	5...6	3,4...4,2
2. Macadam semipenetrat - cu bitum	180...200 (sort 40-63)	11...15 (split sort 16-25)	20...25 (split sort 16-25)	-	3,6...4,4	-
- cu emulsie bituminoasă					6,0...7,3	

Dozajele de criblură sort 4-8 și de liant bituminos pentru tratamentul de închidere, care se execută peste stratul de bază din macadam penetrat sau semipenetrat, în cazul în care acesta nu se acoperă cu îmbrăcămintă bituminoasă, sunt conform tabelului 2.

Tabelul 2

Tipul macadamului bituminos	Dozajele criblurii sort 4-8, kg/m ²	Dozajele liantului bituminos, kg/m ²
1. Macadam penetrat: - cu bitum - cu emulsie bituminoasă	10...15	1,0...1,2 1,7...2,0
2. Macadam semipenetrat: - cu bitum - cu emulsie bituminoasă	16...20	1,2...1,6 2,0...2,7

5. TEHNOLOGIA DE EXECUȚIE:

- Macadamurile bituminoase se execută, de regulă, pe toată lățimea drumului, în condiții de deviere completă a circulației.
- Principalele faze tehnologice sunt:
 - așternerea stratului de piatră spartă (sort 40-63) în strat uniform pentru realizarea scheletului mineral, și cilindrarea la uscat până când se obține o bună încleștare a agregatului;
 - realizarea împănării cu split (sort 16-25) și cilindrarea stratului, după stropirea preliminară cu apă;
 - răspândirea liantului bituminos, după evaporarea apei, pentru realizarea penetrării I, și cilindrarea prin două sau trei treceri ale cilindrului compactor. În cazul macadamului bituminos executat la cald, temperatura bitumului va fi de 140...180°C;
 - în cazul macadamului penetrat se execută a doua stropire de liant bituminos, urmată de așternerea de criblură sau split (sort 16-25) și de cilindrare până la fixarea definitivă a macadamului.
- Tratamentul de închidere (dacă este cazul) se execută conform STAS 599.
- Macadamul bituminos se dă în circulație după 6 ore de la execuție; în primele 10 zile, viteza de circulație trebuie să fie limitată la 30 km/h.

6. VERIFICAREA CALITĂȚII:

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor și normativelor respective de materiale.
- Verificarea execuției lucrărilor: verificarea dozajelor de agregate naturale și de liant bituminos, la fiecare 0,5 km execuți.

STRAT DE BAZA DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANTI HIDRAULICI

Agregatele naturale stabilizate cu lianți hidraulici fac parte din familia materialelor coezive, care se utilizează la execuția straturilor de bază și de fundație din alcătuirea structurilor rutiere semirigide, conform STAS 10473/1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de bază în alcătuirea structurilor rutiere semirigide pentru drumurile din clasele tehnice I...IV.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 15 cm. În cazul în care stratul de fundație este alcătuit din agregate naturale stabilizate cu ciment, grosimea minimă constructivă a stratului de bază este 12 cm.
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal ale suprafeței stratului sunt cu 5,0 cm mai mari decât cele admise pentru îmbrăcămintea sub care se execută.

3. MATERIALE COMPONENTE:

• AGREGATE NATURALE:

- nisip sort 0-4 (conform SR 662);
- pietriș sort 4-8 și 8-16 (conform SR 662);
- balast sort 0-16 (conform SR 662);
- piatră spartă (split) sort 8-16, 16-25 (conform SR 667).

- granulozitate: continuă*

*pentru clasele de trafic mediu la foarte greu, situată în zona de granulozitate din tabelul de mai jos

- coeficient de neuniformitate: min. 8%
- dimensiunea maximă a granulei: max. 16 mm
- echivalent de nisip: min. 30
- uzura Los Angeles: max. 35 %

Zona de granulozitate

Zona de granulozitate	Treceri prin:						
	ciururi cu ochiuri rotunde de ...mm, %					site cu ochiuri de...mm, %	
	20	16	7,1	3,15	1	0,2	0,09
	90 ... 100	65 ... 88	40 ... 65	26 ... 48	15 ... 30	8 ... 17	5 ... 10

• CIMENT:

- ciment usual (conform SR EN 197-1);
- ciment pentru drumuri și piste de aeroporturi (conform STAS 10092).

- APA (conform SR EN 1008).

4. CARACTERISTICILE AMESTECULUI DE AGREGATE NATURALE, CIMENT SI APA:

• rezistența la compresiune la vârsta de 7 zile:	1,5...2,2 MPa
• rezistența la compresiune la vârsta de 28 zile:	2,2...5,0 MPa
• stabilitatea la apă:	
- scăderea rezistenței la compresiune:	max. 20%
- umflarea volumică:	max. 2%
- absorbția de apă:	max. 5%
• pierderea de masă:	
- prin saturare:	max. 7%
- prin îngheț-dezgheț:	max. 7%

Dozaj informativ de ciment:

5...7 %

Dozaj de apă: umiditatea optimă de compactare Proctor modificată, conform STAS 1913/13.

Dozajele de ciment și de apă se stabilesc printr-un studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat

5. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Amestecul de agregate naturale, ciment și apă se prepară în stații fixe.
- În cazul în care stratul rutier se execută în două sau mai multe reprize, execuția acestora se efectuează într-un interval de maximum două ore de la terminarea execuției reprizei anterioare.
- Dacă stratul se execută pe jumătate din lățimea părții carosabile, așternerea acestuia se realizează având montate longrine pe axa drumului, iar la marginea părții carosabile, se procedează conform STAS 1598/1 sau STAS 1598/2.
- Compactarea se efectuează până la maximum o oră de la începerea prizei cimentului, cu următoarele utilaje: compactor cu pneuri, compactor cu rulouri netede și compactor vibrator.
- Stratul se protejează cel puțin șapte zile cu nisip cca. 1,5...3,0 cm grosime, menținut în stare umedă sau cu o peliculă de protecție, conform STAS 10473/1
- Execuția stratului rutier superior se începe după minim șapte zile de la execuția stratului stabilizat cu ciment, perioadă în care nu se circulă pe acest strat.

6. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție, cu abateri de -1 cm și +2 cm;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție;
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - gradul de compactare al stratului pentru drumurile din clasa tehnică IV trebuie să fie de minimum 98% din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată în cel puțin 95% din punctele de măsurare și de minimum 95% în toate punctele de măsurare;
 - gradul de compactare pentru drumurile din clasa tehnică I, II și III trebuie să fie de minimum 100% din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor

modificată în cel puțin 95% din punctele de măsurare și de minimum 98% în toate punctele de măsurare;

- granulozitatea amestecului de agregate naturale, ciment și apă și umiditatea acestuia se stabilește conform STAS 10473/2;
- rezistențele la compresiune la vârsta de 7 zile și 28 zile se stabilesc conform STAS 10473/2.

STRAT DE BAZA DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANTI PUZZOLANICI

Agregatele naturale stabilizate cu lianți puzzolanici fac parte din familia materialelor coezive care se utilizează la execuția straturilor de bază și de fundație din alcătuirea structurilor rutiere semirigide, conform instrucțiunilor indicativ CD 127.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de bază în alcătuirea structurilor rutiere semirigide pentru drumurile din clasele tehnice I...IV.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 12 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.

3. MATERIALE COMPONENTE:

• AGREGATE NATURALE:

- nisip natural sort 0-4 (conform SR 662);
- pietriș sorturi 4-8, 8-16 (conform SR 662);
- balast 0-16 (conform SR 662);
- split (conform SR 667).
- granulozitatea amestecului de agregate naturale, liant puzzolanic și activator trebuie să se încadreze în zona din tabelul de mai jos.

Zona de granulozitate

Zona de granulozitate	Treceri prin:						
	ciururi cu ochiuri rotunde de ...mm, %				site cu ochiuri de...mm, %		
	20	16	7,1	3,15	0,5	0,2	0,09
	65 ... 100	65 ... 84	37 ... 67	18,5 ... 30	13 ... 33	7,5.. 20(25)	3 .. 10(20)

(valorile din paranteză sunt pentru stabilizare cu cenușă de termocentrală)

- dimensiunea maximă a granulei: 16 mm
- echivalent de nisip: min. 50
- uzura Los Angeles: max. 35 %

• LIANTI PUZZOLANICI:

- zgură granulată de furnal, (conform SR 648);
- cenușă de centrale termoelectrice;
- tuful vulcanic măcinat (conform instrucțiunilor indicativ CD 127 sau a unor specificații de întreprindere).

• ACTIVATORI:

- var măcinat (conform SR 9310);
- var stins în pulbere (conform SR EN 459-1);
- ciment Portland (CEM I) sau ciment Portland cu diferite adaosuri (CEM II), cu clasa de rezistență 32,5 N (conform SR EN 197-1).

- APA (conform SR EN 1008).

4. CARACTERISTICILE AMESTECULUI DE AGREGATE NATURALE, LIANTI PUZZOLANICI SI APA:

Caracteristica	Tipul liantului puzzolanic		
	Zgură granulată	Cenușă de termocentrală	Tuf vulcanic măcinat
Rezistența la compresie: - la vârsta de 14 zile, MPa - la vârsta de 28 zile, MPa	min. 0,70 min. 1,30	min. 1,20 min. 2,20	min. 0,60 min. 0,90
Scăderea rezistenței la compresie prin imersare în apă timp de 7 zile, %	max. 25		-

Dozaj informativ de activator 2...3 %

Dozaj de apă: umiditatea optimă de compactare Proctor modificată

Dozajele de liant puzzolanic, activator și apă se stabilesc printr-un studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat

5. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Amestecul de agregate naturale, liant puzzolanic, activator și apă se prepară în stații fixe.
- Amestecul de agregate naturale, liant puzzolanic, activator și apă poate fi pus în operă sub circulație, recomandându-se așternerea stratului pe toată lățimea părții carosabile. În cazul în care stratul rutier se execută în două sau mai multe reprize, grosimea de așternere a amestecului necompactat se stabilește experimental.
- Compactarea se efectuează cu următoarele utilaje: compactor cu pneuri, compactor cu rulouri netede și compactor vibrator.
- Stratul se protejează cu un tratament de protecție, alcătuit din 1,0...1,2 kg/m² emulsie bituminoasă de tip cationic și prin așternere fie de nisip, fie de pietriș concasat sort 3-8 în cantitate de 8...10 kg/m². Acest tratament va fi executat la sfârșitul fiecărei zile de lucru în cazul utilizării cimentului drept activator și nu mai târziu de 3 zile de la execuția stratului stabilizat în cazul utilizării celorlalte tipuri de activatori.
- Până la execuția tratamentului de protecție, suprafașa stratului stabilizat se va menține în permanență în stare umedă, prin stropire cu apă de 2...4.ori pe zi.
- Lungimea sectorului de lucru zilnic se stabilește astfel, încât la sfârșitul unei zile de lucru, stratul stabilizat să fie realizat la cotele conform proiectului.
- Execuția stratului rutier superior se efectuează cel mai târziu 10 zile după execuția stratului stabilizat.

6. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție, cu abateri de -1 cm și +2 cm;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție.
- Verificarea execuției lucrărilor:

- gradul de compactare al stratului trebuie să fie de minimum 95% din densitatea în stare uscată maximă, corespunzătoare domeniului “umed” al curbei Proctor, determinată prin încercarea Proctor modificată, în cel puțin 95% din punctele de măsurare;
- granulozitatea amestecului de agregate naturale, liant puzzolanic, activator și apă și umiditatea acestuia se stabilește conform STAS 10473/2;
- rezistențele la compresiune la vârsta de 14 zile și 28 zile și după imersare timp de 7 zile se stabilesc conform STAS 10473/2.

STRAT DE BAZA DIN MACADAM

Macadamul face parte din straturile formate din materiale granulare pentru structuri rutiere suple, având o alcătuire specifică, bazată pe principiul minimului de goluri, conform STAS 179.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de bază în alcătuirea structurilor rutiere suple pentru drumurile din clasele tehnice II...V, în funcție de modul de alcătuire al fundației.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 8 cm.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcăminții care se execută deasupra.
- Abaterile limită locale admise sunt de maximum $\pm 10\%$.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - nisip sort 0-4 (conform SR 662);
 - savură, sort 0-8 (conform SR 667);
 - split, sort 8-16 sau 16-25 (conform SR 667);
 - piatră spartă, sort 40-63 (conform SR 667).
- APA (conform SR EN 1008).

4. CANTITATI DE MATERIALE:

Cantitățile de materiale, în stare uscată, sunt date orientativ, consumul real urmând să fie stabilit prin încercări pe șantier:

piatră spartă	140...145 kg/m ²
split	16... 20 kg/m ²
savură sau nisip	30... 35 kg/m ²
nisip sau savură	15... 18 kg/m ²
apă	25... 30 kg/m ²

Când piatra spartă provine din roci cu duritate mijlocie (calcare, gresii), consumul de split se reduce la 14...18 kg/m², mărindu-se corespunzător consumul de piatră spartă.

5. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Piatra spartă se așterne pe fundație într-un strat uniform și se cilindrează la uscat până la fixare, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu rulouri netede mijlocii (10 t...14 t).
- Se așterne splitul de împănare în minimum două reprize, se stropește succesiv cu apă și se continuă cilindrarea până la încheștare, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede mijlocii sau grele (peste 14 t).

- Se face umplerea golurilor rămase cu savură sau nisip așternut uniform în două reprize stropite cu apă și cilindrare concomitent până la fixare definitivă.
- După fixarea definitivă se așterne un strat de nisip grăunțos sau savură în grosime de circa 1 cm, pentru protecție.
- Se recomandă ca după execuție, macadamul să fie lăsat în circulație minimum o lună înainte de așternerea îmbrăcăminții.

6. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție, cu abateri de $\pm 10\%$;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție, cu abateri de ± 5 cm.
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - se controlează cel puțin o dată la fiecare 10 zile și cel puțin la fiecare 0,5 km de drum executat, cantitățile de materiale folosite;
 - se verifică compactarea prin supunerea la strivire a unei pietre de aceeași natură petrografică ca și cea a pietrei sparte, cu dimensiuni de circa 40 mm, aruncată în fața utilajului cu care s-a executat compactarea. Se consideră compactarea corespunzătoare, dacă piatra respectivă este strivită, fără ca stratul să sufere dizlocări sau deformări;
 - se verifică uniformitatea execuției prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, conform normativului indicativ CD 31. Uniformitatea execuției se consideră satisfăcătoare, dacă valoarea coeficientului de variație este sub 35%.

STRAT DE FUNDATIE DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANTI HIDRAULICI

Agregatele naturale stabilizate cu lianți hidraulici fac parte din familia materialelor coezive care se utilizează la execuția straturilor de bază și de fundație din alcătuirea structurilor rutiere semirigide, conform STAS 10473/1.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de fundație în alcătuirea structurilor rutiere semirigide pentru drumurile din clasele tehnice I...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 15 cm. În cazul în care stratul de bază este alcătuit din agregate naturale stabilizate cu ciment, grosimea minimă constructivă a stratului de fundație este 12 cm.
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.

3. MATERIALE COMPONENTE:

• AGREGATE NATURALE:

- nisip sort 0-4 (conform SR 662);
- agregate de balastieră (conform SR 662);
- agregate de carieră (conform SR 667);
- deșeuri de carieră.

Caracteristicile agregatelor naturale:

- | | |
|----------------------------------|------------|
| • granulozitate: | continuă |
| • coeficient de neuniformitate: | min. 8% |
| • dimensiunea maximă a granulei: | max. 25 mm |
| echivalent de nisip: | min. 30 |
| • uzura Los Angeles: | max. 35 % |

• CIMENT:

- ciment uzual (conform SR EN 197-1);
- ciment pentru drumuri și piste de aeroporturi (conform STAS 10092).

• APA (conform SR EN 1008).

4. CARACTERISTICILE AMESTECULUI DE AGREGATE NATURALE, CIMENT SI APA:

- | | |
|---|---------------|
| • rezistența la compresiune la vârsta de 7 zile: | 1,2...1,8 MPa |
| • rezistența la compresiune la vârsta de 28 zile: | 1,8...3,0 MPa |
| • stabilitatea la apă: | |
| - scăderea rezistenței la compresiune: | max. 25% |
| - umflarea volumică: | max. 5% |
| - absorbția de apă: | max. 10% |
| • pierderea de masă: | |
| - prin saturare: | max.10% |

- prin îngheț-dezgheț:

max. 10%

Dozaj informativ de ciment:

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| - pentru nisip sort 0-4 | 6...10 % |
| - pentru agregate de balastieră | 4... 6 % |
| - agregate concasate de carieră | 4.... 6 % |

Dozaj de apă:

umiditatea optimă de compactare Proctor modificată

Dozajele de ciment și de apă se stabilesc printr-un studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat

5. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Amestecul de agregate naturale, ciment și apă se prepară în stații fixe.
- În cazul în care stratul rutier se execută în două sau mai multe reprize, execuția acestora se efectuează într-un interval de maximum două ore de la terminarea execuției reprizei anterioare.
- Dacă stratul se execută pe jumătate din lățimea părții carosabile, așternerea acestuia se realizează având montate longrine pe axa drumului, iar la marginea părții carosabile, se procedează conform STAS 1598/1 sau STAS 1598/2.
- Compactarea se efectuează până la maximum o oră de la începerea prizei cimentului, cu următoarele utilaje: compactor cu pneuri, compactor cu rulouri netede și compactor vibrator.
- Stratul se protejează cel puțin șapte zile cu nisip cca. 1,5...3,0 cm grosime, menținut în stare umedă sau cu o peliculă de protecție, conform STAS 10473/1
- Execuția stratului rutier superior se începe după minim șapte zile de la execuția stratului stabilizat cu ciment, perioadă în care nu se circulă pe acest strat.

6. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție, cu abateri de -1 cm și +2 cm;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție.
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - gradul de compactare al stratului pentru drumurile din clasa tehnică IV trebuie să fie de minimum 98% din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată în cel puțin 95% din punctele de măsurare și de minimum 95% în toate punctele de măsurare;
 - gradul de compactare pentru drumurile din clasele tehnice I, II și III trebuie să fie de minimum 100% din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată în cel puțin 95% din punctele de măsurare și de minimum 98% în toate punctele de măsurare;
 - granulozitatea amestecului de agregate naturale, ciment și apă și umiditatea acestuia se stabilește conform STAS 10473/2;
 - rezistențele la compresiune la vârsta de 7 zile și 28 zile se stabilesc conform STAS 10473/2.

STRAT DE FUNDATIE DIN AGREGATE NATURALE STABILIZATE CU LIANTI PUZZOLANICI

Agregatele naturale stabilizate cu lianți puzzolanici fac parte din familia materialelor coezive care se utilizează la execuția straturilor de bază și de fundație din alcătuirea structurilor rutiere semirigide, conform instrucțiunilor indicativ CD 127.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat de fundație în alcătuirea structurilor rutiere semirigide pentru drumurile din clasele tehnice I ...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 12 cm;
- Grosimea necesară a stratului se stabilește prin calcul de dimensionare, conform prevederilor legale în vigoare.

3. MATERIALE COMPONENTE:

• AGREGATE NATURALE:

- nisip (conform SR 662);
- pietriș (conform SR 662);
- balast (conform SR 662);
- agregate concasate de carieră (conform SR 667).

Caracteristicile agregatelor naturale:

dimensiunea granulei:	max. 25 mm
granulozitate:	continuuă
echivalent de nisip:	min. 30
coeficient de neuniformitate:	min. 8
uzura Los Angeles:	max. 35 %

• LIANTI PUZZOLANICI:

- zgură granulată de furnal, (conform SR 648);
- cenușă de centrale termoelectrice;
- tuful vulcanic măcinat (conform instrucțiunilor indicativ CD 127 sau a unor specificații de întreprindere).

• ACTIVATORI:

- var măcinat (conform SR 9310);
- var stins în pulbere (conform SR EN 459-1);
- ciment Portland (CEM I) sau ciment Portland cu diferite adaosuri (CEM II), cu clasa de rezistență 32,5 N (conform SR EN 197-1).

- APA (conform SR 1008).

4. CARACTERISTICILE AMESTECULUI DE AGREGATE NATURALE, LIANTI PUZZOLANICI SI APA:

Caracteristica	Tipul liantului puzzolanic		
	Zgură granulată	Cenușă de termocentrală	Tuf vulcanic măcinat
Rezistența la compresiune:			
- la vârsta de 14 zile, MPa	min. 0,50	min. 0,70	min. 0,30
- la vârsta de 28 zile, MPa	min. 0,80	min. 1,30	min. 0,50
Scăderea rezistenței la compresiune prin imersare în apă timp de 7 zile, %	max. 25		-

Dozaj informativ de activator

2...3 %

Dozaj de apă: umiditatea optimă de compactare Proctor modificată

Dozajele de ciment și de apă se stabilesc printr-un studiu preliminar, efectuat de către un laborator autorizat/acreditat

5. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Amestecul de agregate naturale, liant puzzolanic, activator și apă se prepară în stații fixe.
- Amestecul de agregate naturale, liant puzzolanic, activator și apă poate fi pus în operă sub circulație, recomandându-se așternerea stratului pe toată lățimea părții carosabile. În cazul în care stratul rutier se execută în două sau mai multe reprize, grosimea de așternere a amestecului necompactat se stabilește experimental.
- Compactarea se efectuează cu următoarele utilaje: compactor cu pneuri, compactor cu rulouri netede și compactor vibrator.
- Stratul se protejează cu un tratament de protecție, alcătuit din 1,0...1,2 kg/m² emulsie bituminoasă de tip cationic și prin așternere fie de nisip, fie de pietriș concasat sort 3-8 în cantitate de 8...10 kg/m². Acest tratament va fi executat la sfârșitul fiecărei zile de lucru în cazul utilizării cimentului drept activator și nu mai târziu de 3 zile de la execuția stratului stabilizat în cazul utilizării celorlalte tipuri de activatori.
- Până la execuția tratamentului de protecție, suprafașa stratului stabilizat se va menține în permanență în stare umedă, prin stropire cu apă de 2...4 ori pe zi.
- Lungimea sectorului de lucru zilnic se stabilește astfel, încât la sfârșitul unei zile de lucru, stratul stabilizat să fie realizat la cotele conform proiectului.
- Execuția stratului rutier superior se efectuează cel mai târziu 10 zile după execuția stratului stabilizat.

6. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție, cu abateri de -1 cm și +2 cm;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție.
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - gradul de compactare al stratului trebuie să fie de minimum 95% din densitatea în stare uscată maximă, corespunzătoare domeniului "umed" al curbei Proctor, determinată prin încercarea Proctor modificată, în cel puțin 95% din punctele de măsurare;

- granulozitatea amestecului de agregate naturale, liant puzzolanic, activator și apă și umiditatea acestuia se stabilesc conform STAS 10473/2;
- rezistențele la compresiune la vârsta de 14 zile și 28 zile și după imersare timp de 7 zile se stabilesc conform STAS 10473/2.

STRAT DE FUNDATIE DIN PIATRA SPARTA MARE

Stratul de fundație din piatră spartă mare face parte din straturile formate din materiale granulare pentru structuri rutiere suple, conform STAS 6400.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat superior de fundație în alcătuirea structurilor rutiere suple pentru drumurile din clasele tehnice I...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 12 cm.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcăminții sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu ± 5 cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - piatră spartă mare, sort 63-90 (conform SR 667) cu următoarele caracteristici:

- conținut de granule care:	
- rămân pe ciurul de 90 mm	max. 5 %
- trec prin ciurul de 63 mm	max. 10 %
- forma granulelor (coeficientul de formă)	max. 35 %
- conținut de impurități (corpuri străine)	max. 1 %
- uzură cu mașina Los Angeles	corespunzător clasei rocii
 - split sort 16-25 (conform SR 667);
 - savură (conform SR 667) sau nisip (conform SR 662).

4. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Piatra spartă se așterne pe fundație într-un strat uniform și se compactează la uscat până la fixare, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).
- Se împănează suprafața stratului cu split sort 16-25 și se compactează cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede mijlocii sau grele (peste 14 t).
- Se face umplerea golurilor rămase cu savură sau nisip așternut uniform stropite cu apă și se compactează până la fixare definitivă.
- După fixarea definitivă se așterne un strat de nisip grăunțos sau savură în grosime de circa 1 cm, pentru protecție.
- În cazul în care stratul de bază este alcătuit din macadam, nu se mai face umplerea golurilor și protecția suprafeței stratului.

5. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:

- lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
- grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție;
- cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție;
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - se verifică compactarea prin supunerea la strivire a unei pietre de aceeași natură petrografică ca și cea a pietrei sparte, cu dimensiuni de circa 40 mm, aruncată în fața utilajului cu care s-a executat compactarea. Se consideră compactarea corespunzătoare, dacă piatra respectivă este strivită, fără ca stratul să sufere dizlocări sau deformări;
 - se verifică uniformitatea execuției prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, conform normativului indicativ CD 31. Uniformitatea execuției se consideră satisfăcătoare, dacă valoarea coeficientului de variație este sub 35%.

STRAT DE FUNDATIE DIN PIATRA SPARTA, AMESTEC OPTIMAL

Stratul de fundație din piatră spartă, amestec optimal, face parte din straturile formate din materiale granulare pentru structuri rutiere suple, conform STAS 6400.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat superior de fundație în alcătuirea structurilor rutiere suple pentru drumurile din clasele tehnice I...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 12 cm.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcăminții sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu ± 5 cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - piatră spartă sorturi 8-16, 16-25, 25-40 și 40-63 (conform SR 667);
 - savură sort 0-8 (conform SR 667) sau nisip (conform SR 662).
- APA (conform SR EN 1008)

Granulozitatea amestecul optimal de piatră spartă trebuie să se încadreze în zona de granulozitate din tabel.

Zona de granulozitate

Sort	Treceri prin:										
	ciururi cu ochiuri rotunde de ... mm,%							site de ... mm,%			
	63	40	25	16	8	3,15	1	0,63	0,2	0,09	0,071
0-40	-	90...100	74...88	56...74	38...61	22...41	11...27	8...23	3...14	2...10	1...9
0-63	90...100	69...85	55...75	42...65	28...56	15...36	7...25	5...22	2...14	1...10	0...9

4. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Se realizează amestecul de sorturi de agregate naturale, în proporțiile stabilite, și de apă, corespunzătoare umidității optime de compactare, determinată prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13, într-o instalație fixă prevăzută cu predozator cu patru compartimente.
- Piatra spartă, amestec optimal, se așterne pe fundație într-un strat uniform și se compactează, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).

5. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție;

- cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție;
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - se verifică granulozitatea amestecului optimal;
 - se verifică compactarea prin supunerea la strivire a unei pietre de aceeași natură petrografică ca și cea a pietrei sparte, cu dimensiuni de circa 40 mm, aruncată în fața utilajului cu care s-a executat compactarea. Se consideră compactarea corespunzătoare, dacă piatra respectivă este strivită, fără ca stratul să sufere dizlocări sau deformări;
 - se verifică uniformitatea execuției prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, conform normativului indicativ CD 31. Uniformitatea execuției se consideră satisfăcătoare, dacă valoarea coeficientului de variație este sub 35%.

STRAT DE FUNDATIE DIN BALAST, AMESTEC OPTIMAL

Stratul de fundație din balast, amestec optimal, face parte din straturile formate din materiale granulare pentru structuri rutiere suple, conform STAS 6400.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat superior de fundație în alcătuirea structurilor rutiere suple pentru drumurile din clasele tehnice I...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 12 cm.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcăminții sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu ± 5 cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - pietriș sau pietriș concasat (conform SR 662);
 - nisip (conform SR 662).
- APA (conform SR EN 1008)

Amestecul optimal de balast este alcătuit din amestec de sorturi granulare și trebuie să îndeplinească următoarele condiții de admisibilitate:

- sort granular 0-63
- conținut de fracțiuni:
 - sub 0,02 mm max. 3 %
 - sub 0,2 mm 4...10 %
 - 0...8 mm 35...50 %
 - 25...63 mm 25...40 %
- echivalent de nisip min.30
- conținut de elemente moi și gelive max. 5 %
- uzura cu mașina tip Los Angeles max. 30 %

Granulozitatea amestecului optimal de balast trebuie să se înscrie în zona din tabelul de mai jos.

Zona de granulozitate

Zona de granulozitate	Treceri prin:									
	ciururi cu ochiuri rotunde de ...mm, %						site cu ochiuri de ...mm, %			
	63	40	31,5	16	7,1	3,15	1	0,2	0,09	0,02
	100	73...83	60...75	44...58	30...45	20...30	12...22	4...10	2...7	0...3

4. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Se realizează amestecul de sorturi de agregate naturale, în proporțiile stabilite, și de apă, corespunzătoare umidității optime de compactare, determinată prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13, într-o instalație fixă prevăzută cu predozator cu patru compartimente.

- Balastul , amestec optimal, se așterne pe fundație într-un strat uniform și se compactează, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).

5. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție;
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - se verifică granulozitatea amestecului optimal;
 - se verifică gradul de compactare al materialului, care trebuie să îndeplinească următoarele condiții:
 - pentru drumurile din clasele tehnice IV și V, minimum 98 % din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată în cel puțin 93 % din punctele de măsurare și de minimum 95 % în toate punctele de măsurare;
 - pentru drumurile din clasele tehnice I,II și III, minimum 100 % din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată în cel puțin 95 % din punctele de măsurare și de minimum 98 % în toate punctele de măsurare;
 - se verifică uniformitatea execuției prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, conform normativului indicativ CD 31. Uniformitatea execuției se consideră satisfăcătoare, dacă valoarea coeficientului de variație este sub 35%.

STRAT DE FUNDATIE DIN BALAST

Stratul de fundație din balast face parte din straturile formate din materiale granulare pentru structuri rutiere, conform STAS 6400.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat inferior de fundație în alcătuirea structurilor rutiere suple și semirigide pentru drumurile din clasele tehnice I...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 10 cm. Se recomandă ca grosimea maximă să nu depășească 30 cm.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcămînții sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu ± 5 cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămînțiile sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- AGREGATE NATURALE:
 - balast (conform SR 662);
- APA (conform SR EN 1008)

Balastul trebuie să îndeplinească următoarele condiții de admisibilitate:

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| - sort | 0-63 |
| - conținut de fracțiuni: | |
| - sub 0,02 mm | max. 3 % |
| - sub 0,2 mm | 3...18 % |
| - 0...8 mm | 25...70 % |
| - 25...63 mm | 30...75 % |
| - echivalent de nisip | min.30 |
| - uzura cu mașina tip Los Angeles | max. 50 % |

4. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Se așterne și se nivelează balastul în straturi cu grosimea de maximum 15 cm (înainte de compactare); Grosimea materialului înainte de compactare poate depăși 15 cm în cazul unor utilaje de compactare ale căror caracteristici tehnice indică grosimi de compactare mai mari de 15 cm. În acest caz, grosimea de așternere a materialului se stabilește pe șantier, înainte de începerea execuției.
- Se adaugă prin stropire cantitatea de apă necesară pentru asigurarea umidității optime de compactare determinată prin încercare Proctor modificată, conform STAS 1913/13.
- Se compactează, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).

STRAT DE FUNDATIE DIN BLOCAJ DE PIATRA BRUTA

Stratul de fundație din blocaj de piatră brută face parte din straturile formate din materiale granulare pentru structuri rutiere suple, conform STAS 6400.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat superior de fundație în alcătuirea structurilor rutiere suple pentru drumurile din clasele tehnice II și III.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 27 cm (minimum 21 cm pentru stratul din blocaj de piatră brută (inclusiv 5 cm nisip) și minimum 6 cm pentru stratul de egalizare din piatră spartă.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcăminții sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil transversal sunt cu ± 5 cm diferite de cele admisibile pentru îmbrăcămințile sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 2 cm.

3. MATERIALE COMPONENTE:

• AGREGATE NATURALE:

- piatră brută, ale căror caracteristici trebuie să îndeplinească următoarele condiții de admisibilitate, (conform SR 667):

- | | |
|--|--|
| - forma | neregulată, apropiată de un trunchi
de piramidă sau de o pană |
| - înălțimea | 140...180 mm |
| - dimensiunile bazei: | |
| - lungimea | egală sau mai mare ca înălțimea |
| - lățimea | 80...150 mm |
| - piatră cu dimensiuni necorespunzătoare | max. 15 % |

- piatră spartă sort 25-40 (conform SR 667);

- nisip (conform SR 662).

- APA (conform SR EN 1008)

4. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

- Se așterne un strat de nisip cu grosimea de 5 cm după compactare, în care se așează piatra brută. Se fixează blocajul din piatră brută cu maiuri manuale sau mecanice.
- Piatra spartă se așterne pe fundație într-un strat uniform și se compactează la uscat până la fixare, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).
- Se face umplerea golurilor rămase cu savură sau nisip așternut uniform stropite cu apă și se compactează până la fixare definitivă.
- După fixarea definitivă se așterne un strat de nisip grăunțos sau savură în grosime de circa 1 cm, pentru protecție.
- În cazul în care stratul de bază este alcătuit din macadam, nu se mai face umplerea golurilor și protecția suprafeței stratului.

5. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție;
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - se verifică compactarea prin supunerea la strivire a unei pietre de aceeași natură petrografică ca și cea a pietrei sparte, cu dimensiuni de circa 40 mm, aruncată în fața utilajului cu care s-a executat compactarea. Se consideră compactarea corespunzătoare, dacă piatra respectivă este strivită, fără ca stratul să sufere dizlocări sau deformări;
 - se verifică uniformitatea execuției prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, conform normativului indicativ CD 31. Uniformitatea execuției se consideră satisfăcătoare, dacă valoarea coeficientului de variație este sub 35%.

STRAT DE FUNDATIE DIN PAMANTURI STABILIZATE MECANIC

Stratul de fundație din pământuri stabilizate mecanic este un strat rutier realizat prin îmbunătățirea granulozității și creșterea compactității pământurilor, conform STAS 8840.

1. DOMENIUL DE UTILIZARE: Strat inferior de fundație în alcătuirea structurilor rutiere suple și semirigide pentru drumurile din clasele tehnice II...V.

2. ELEMENTE GEOMETRICE

- Grosime minimă constructivă 10 cm. Grosimea maximă nu trebuie să depășească 30 cm.
- Pantele profilului transversal și declivitățile profilului longitudinal sunt aceleași ca ale îmbrăcăminții sub care se execută.
- Denivelările admisibile în profil transversal sunt ± 5 cm.
- Denivelările admisibile în profil longitudinal sub dreptarul de 3,00 m sunt de maximum 1,5 cm.

3. MATERIALE COMPONENTE:

- MATERIALE GRANULARE:
 - pământuri groiere (conform SR EN ISO 14688-1);
 - pietruiri existente scarificate;
 - balasturi concasate, pietrișuri concasate sau resturi de carieră;
- APA (conform SR EN 1008)

Materialul trebuie să îndeplinească următoarele condiții de admisibilitate:

- indice de plasticitate 6...8 %
- echivalent de nisip min.30
- conținut de elemente moi și gelive max. 5 %

Granulozitatea materialului trebuie să înscrie în zona din tabelul următor:

Zona de granulozitate

Zona de granulozitate	Treceri prin:									
	ciururi cu ochiuri rotunde de ...mm, %						site cu ochiuri de ...mm, %			
	71	40	31,5	16	7,1	3,15	1	0,63	0,2	0,071
	100	72...100	65...100	47...90	30...67	20...50	12...33	10...28	8...20	6...12

4. TEHNOLOGIA DE EXECUTIE

Cazul terasamentelor pentru drumuri noi

- Se aștern pe patul drumului materialele granulare componente, în grosime uniformă.
- Se amestecă până la completa lor omogenizare cu freze rutiere, cu autogredere sau cu grape cu discuri.
- Se adaugă prin stropire cantitatea de apă necesară pentru asigurarea umidității optime de compactare determinată prin încercare Proctor modificată, conform STAS 1913/13.
- Se compactează, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).

Cazul pietruirilor existente

- Se scarifică pietruirea existentă pe grosimea prevăzută în proiect sau pe minimum 5 cm.
- Se deplasează materialul rezultat, în cordoane, pe acostamente.
- Se realizează patul drumului, conform STAS 6400.
- Se aduce materialul granular din pietruire pe platforma drumului și se întinde în strat cu grosime uniformă. Se adaugă celelalte materiale granulare necesare îmbunătățirea granulozității.
- Se amestecă până la completa lor omogenizare cu freze rutiere, cu autogredere sau cu grape cu discuri.
- Se adaugă prin stropire cantitatea de apă necesară pentru asigurarea umidității optime de compactare determinată prin încercare Proctor modificată, conform STAS 1913/13.
- Se compactează, cu ajutorul compactoarelor cu rulouri netede ușoare (6 t...8 t) și apoi cu compactoare cu pneuri sau vibratoare (10 t...14 t).

5. VERIFICAREA CALITATII

- Verificarea calității materialelor: conform standardelor respective de materiale;
- Verificarea elementelor geometrice:
 - lățimea stratului se verifică conform STAS 2900 și STAS 1598/1 sau STAS 1598/2;
 - grosimea stratului trebuie să corespundă datelor prevăzute în proiectul de execuție;
 - cotele profilului longitudinal se verifică în axa drumului și trebuie să corespundă celor din proiectul de execuție;
- Verificarea execuției lucrărilor:
 - se verifică granulozitatea amestecului optimal;
 - se verifică gradul de compactare al materialului, care trebuie să îndeplinească minimum 98 % din densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor modificată, conform STAS 1913/13.
 - se verifică uniformitatea execuției prin măsurări cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman, conform normativului indicativ CD 31. Uniformitatea execuției se consideră satisfăcătoare, dacă valoarea coeficientului de variație este sub 35%.

LISTA PRESCRIPTIILOR TEHNICE LEGALE IN VIGOARE

1. ACTE NORMATIVE

ORDONANTA GUVERNULUI nr. 43/1997 privind regimul juridic al drumurilor

Norme tehnice privind proiectarea, construirea și modernizarea drumurilor, aprobate prin ordinul MT nr. 45 din 27 ianuarie 1998

Norme tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice, aprobate prin ordinul MT nr.46 din 27 ianuarie 1998

Lista cuprinzând drumurile publice cu limitele de tonaj admise pentru vehiculele de transport marfă, aprobată prin ordinul MT nr.23 din 20 ianuarie 1999

2. STANDARDE

SR EN 197-1:2002	Ciment. Partea 1 – Compoziție, specificații și criterii de uniformitate ale cimenturilor uzuale.
SR EN 459-1:2003	Var pentru construcții. Partea 1: Definiții, specificații și criterii de conformitate.
SR EN 459-2:2003	Var pentru construcții. Partea 2: Metode de încercare.
SR EN933-1:2002	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 1- Analiza granulometrică prin cernere.
SR EN 933-2:1998	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 2 – Analiza granulometrică. Site de control, dimensiunile normale ale ochiurilor.
SR EN 933-3:2002	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 3 – Determinarea formei agregatelor. Coeficient de aplatizare.
SR EN 933-4:2002	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 4 – Determinarea formei agregatelor. Coeficient de formă.
SR EN 933-9:2001	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 9 – Încercarea cu albastru de metilen.
SR EN 1008:2003	Apă de preparare pentru beton

SR EN 1097-6:2002	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 6 – Determinarea masei volumice reale și a coeficientului de absorbție al apei.
SR EN 1097-8:2003	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 8 – Determinarea coeficientului de șlefuire accelerată.
SR EN 1426:2007	Bitumuri. Determinarea penetrației
SR EN 1427:2007	Bitumuri. Determinarea punctului de înmuiere. Metoda cu inel și bilă
SR EN 12591:2001	Bitum și lianți bituminoși. Specificații pentru bitumuri rutiere.
SR EN 12274-3:2005	Straturi bituminoase turnate la rece – Partea 3: Consistența.
SR EN 12274-7:2006	Straturi bituminoase turnate la rece – Partea 7: Metodă de încercare la abraziune prin agitare.
SR EN 12593:2003	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea punctului de rupere Fraass.
SR EN 12606-1 :2002	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea conținutului de parafină. Partea 1. Metoda distilării.
SR EN 12606-2 :2002	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea conținutului de parafină. Partea 2. Metoda prin extracție.
SR EN 12607-1 :2007	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea rezistenței la încălzire sub efectul căldurii și aerului. Partea 1. Metoda RTFOT.
SR EN 12607-2:2007	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea rezistenței la încălzire sub efectul căldurii și aerului. Partea 2. Metoda TFOT.
SR EN 12697-1:2006	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 1: Conținut de liant solubil.
SR EN 12697-2:2003	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 2: Determinarea granulozității.
SR EN 12697-4:2005	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 4: Recuperarea bitumului: coloană de fracționare.
SR EN 12697-5+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 5: Determinarea masei volumice maxime.
SR EN 12697- 6:2004	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 6: Determinarea masei volumice aparente a epruvetelor bituminoase.

SR EN 12697- 8:2004	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 8: Determinarea caracteristicilor volumetrice ale epruvetelor bituminoase.
SR EN 12697- 11:2006	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 11: Determinarea afinității dintre agregate și bitum.
SR EN 12697- 18:2004	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 18: Încercarea de scurgere a liantului.
SR EN 12697- 22+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 22: Încercarea de ornieraj.
SR EN 12697-23:2004	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 23. Metode de determinare și încercare.
SR EN 12697- 24+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 24: Rezistența la oboseală.
SR EN 12697- 25:2006	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 25: Încercarea la compresiune ciclică.
SR EN 12697- 26:2004	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 26: Rigiditate.
SR EN 12697- 27:2002	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 27: Prelevarea probelor.
SR EN 12697- 28:2002	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 28: Pregătirea probelor pentru determinarea conținutului de bitum, a conținutului de apă și a compoziției granulometrice.
SR EN 12697- 30+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 30: Confecționarea epruvetelor cu compactorul cu impact.
SR EN 12697- 31:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 31: Confecționarea epruvetelor cu presa giratorie.
SR EN 12697- 33+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 33: Confecționarea epruvetelor cu compactorul cu placă.
SR EN 12697- 34+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 34: Încercarea Marshall.
SR EN 12697- 35+A1:2007	Mixturi asfaltice. Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 35: Malaxare în laborator.

SR EN 13036-1:2002	Caracteristici ale suprafeței drumurilor și pistelor aeroportuare. Metode de încercare. Partea 1: Măsurarea adâncimii macrotexturii suprafeței îmbrăcămintei prin tehnica volumetrică a petei.
SR EN 13036-4:2004	Caracteristici ale suprafeței drumurilor și pistelor aeroportuare. Metode de încercare. Partea 4: Metode de măsurare a aderenței unei suprafețe. Încercarea cu pendul.
SR EN 13036-7:2009	Caracteristici ale suprafeței drumurilor și pistelor aeroportuare. Metode de încercare. Partea 7: Măsurarea denivelărilor straturilor de uzură ale îmbrăcăminților rutiere: încercarea cu dreptar.
SR EN 13043:2003	Agregate pentru amestecuri bituminoase și pentru finisarea suprafețelor utilizate în construcția șoselelor, a aeroporturilor și a altor zone cu trafic.
SR EN 13108-1 :2007	Mixturi asfaltice. Specificații pentru materiale. Partea 1. Betoane asfaltice.
SR EN 13398 :2004	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea revenirii elastice a bitumului modificat.
SR EN 13399:2004	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea stabilității la depozitare a bitumului modificat.
SR EN 13589:2004	Bitum și lianți bituminoși. Determinarea caracteristicilor de tracțiune a bitumurilor modificate prin metoda ductilității.
SR EN 14023 :2007	Bitum și lianți bituminoși. Cadru pentru specificațiile bitumurilor modificate cu polimeri.
SR EN ISO 14688-1:2004	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere.
SR EN ISO 14688-2:2005	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Principii pentru o clasificare.
SR 61:1997	Bitum. Determinarea ductilității
SR 174-1:2002	Lucrări de drumuri. Imbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice de calitate
SR 174-2:1997	Lucrări de drumuri. Imbrăcăminți bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice pentru prepararea și punerea în operă a mixturilor asfaltice și recepția îmbrăcăminților executate
SR 179:1995	Lucrări de drumuri. Macadam. Condiții tehnice generale de calitate
SR 254:1998	Var industrial
SR 648:2002	Zgură granulată de furnal pentru industria cimentului

SR 662-2002	Lucrări de drumuri. Agregate naturale de balastieră
SR 667:2001	Agregate naturale și piatră prelucrată pentru lucrări de drumuri. Condiții tehnice generale de calitate
SR 754:1999	Bitum neparafinos pentru drumuri
SR 1120:1995	Lucrări de drumuri. Straturi de bază și îmbrăcăminți bituminoase de macadam semipenetrat și penetrat. Condiții tehnice de calitate
SR 4032/1-2001	Lucrări de drumuri. Terminologie
SR 6978:1995	Lucrări de drumuri. Pavaje de piatră naturală, pavele abnorme și calupuri
SR 7970:2001	Lucrări de drumuri. Straturi de bază din mixturi bituminoase cilindrate executate la cald. Condiții tehnice generale de calitate.
SR 8877-1:2007	Lucrări de drumuri. Partea 1. Emulsii bituminoase cationice. Condiții de calitate.
SR 8877-2:2007	Lucrări de drumuri. Partea 2. Determinarea pseudovâscozității Engler a emulsiilor bituminoase.
SR 9310:2000	Var măcinat pentru beton celular autoclavizat.
SR 10969:2007	Lucrări de drumuri. Determinarea adezivității biturilor rutiere și a emulsiilor cationice bituminoase față de agregatele naturale prin metoda spectrofotometrică
STAS 115-80	Bitumuri. Determinarea conținutului de substanțe solubile în solvenți organici.
STAS 539-79	Filer de calcar, filer de cretă și filer de var stins în pulbere.
STAS 863-85	Lucrări de drumuri. Elemente geometrice ale traseelor. Prescripții de proiectare.
STAS 932-75	Clorură de var tehnică
STAS 1338/1-84	Lucrări de drumuri. Mixturi asfaltice și îmbrăcăminți bituminoase executate la cald. Prepararea mixturilor, pregătirea probelor și confecționarea epruvetelor.
STAS 1338/2-84	Lucrări de drumuri. Mixturi asfaltice și îmbrăcăminți bituminoase executate la cald. Tipare și accesorii metalice pentru confecționarea și decofrarea epruvetelor.
STAS 1339-79	Lucrări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere . Principii fundamentale

STAS 1598/1-89	Lucrări de drumuri. Incadrarea îmbrăcăminților la lucrări de construcții noi și modernizări de drumuri. Prescripții generale de proiectare și de execuție
STAS 1598/2-89	Lucrări de drumuri. Incadrarea îmbrăcăminților la ranforsarea sistemelor rutiere existente. Prescripții generale de proiectare și de execuție
STAS 1709/1-90	Acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț la lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheț în complexul rutier. Prescripții de calcul
STAS 1709/2-90	Acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț la lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț-dezgheț. Prescripții tehnice
STAS 1709/3-90	Acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț la lucrări de drumuri. Determinarea sensibilității la îngheț a pământurilor de fundație. Metoda de determinare
STAS 1913/1-82	Teren de fundare. Determinarea umidității
STAS 1913/3-76	Teren de fundare. Determinarea densității pământurilor
STAS 1913/4-86	Teren de fundare. Determinarea limitelor de plasticitate
STAS 1913/5-85	Teren de fundare. Determinarea granulozității
STAS 1913/12-88	Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari
STAS 1913/13-83	Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor de compactare. Încercarea Proctor
STAS 2900-89	Lucrări de drumuri. Lățimea drumurilor.
STAS 2914-84 calitate	Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice generale de calitate
STAS 4032/2-92	Tehnica traficului rutier. Terminologie
STAS 6400-84	Lucrări de drumuri. Straturi de bază și de fundație. Condiții tehnice generale de calitate
STAS 7107/1-76	Teren de fundare. Determinarea materiilor organice
STAS 7107/3-74	Teren de fundare. Determinarea conținutului de carbonați
STAS 8840-83	Lucrări de drumuri. Straturi de fundații din pământuri stabilizate mecanic. Condiții tehnice generale de calitate.
STAS 9095-90	Lucrări de drumuri. Pavaje din piatră brută sau bolovani

STAS 10092-78	Ciment pentru drumuri și piste de aeroporturi
STAS 10144/3	Străzi. Elemente geometrice ale traseelor. Prescripții de proiectare.
STAS 10473/1-87	Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment. Condiții tehnice generale de calitate
STAS 10473/2-86	Lucrări de drumuri. Straturi rutiere din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Metode de determinare și încercare
STAS 12253-84	Lucrări de drumuri. Straturi de formă. Condiții tehnice generale de calitate

3. NORMATIVE SI INSTRUCȚIUNI TEHNICE

CD 31-2002	Normativ pentru determinarea prin deflectografie și deflectometrie a capacității portante a drumurilor cu structuri rutiere suple și semirigide cu deflectometrul Lacroix și cu deflectometrul cu pârghie tip Benkelman.
CD 127-2002	Instrucțiuni tehnice departamentale de proiectare și execuție a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici
CD 152-85	Instrucțiuni tehnice departamentale pentru dimensionarea ranforsărilor cu strat din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici ale sistemelor rutiere nerigide
CD 155-2000	Instrucțiuni tehnice departamentale privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne
PD 177-2001	Instrucțiuni tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide
C 182-87	Normativ privind executarea mecanizată a terasamentelor de drumuri
AND 517 - 93	Instrucțiuni tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide
AND 519 - 93	Instrucțiuni tehnice departamentale privind metodologia de interpretare statistică a rezultatelor măsurărilor de laborator și de teren pentru determinarea calității complexului rutier
AND 521 R-93	Instrucțiuni tehnice privind metoda de determinare a compoziției chimice a bitumului rutier pe patru componenți
AND 523 - 97	Normativ privind execuția straturilor foarte subțiri la rece, cu emulsie de bitum

AND 530-95	Instrucțiuni privind controlul calității terasamentelor rutiere
AND 535-97	Instrucțiuni tehnice pentru determinarea stabilității în strat subțire a bitumului pentru drumuri. Metoda TFOT.
AND 536-97	Instrucțiuni tehnice pentru determinarea stabilității în strat subțire a bitumului pentru drumuri. Metoda RTFOT.
AND 537 - 98	Normativ privind caracteristicile tehnice ale bitumului neparafinos pentru drumuri
AND 538 – 98	Metodologie de determinare a caracteristicilor bitumului modificat utilizat la execuția lucrărilor de drumuri
AND 539 – 2002	Normativ pentru realizarea mixturilor asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză, destinate executării îmbrăcăminților bituminoase rutiere
AND 541 – 98	Instrucțiuni tehnice privind confecționarea epruvetelor din mixtură asfaltică, utilizând presa de compactare giratorie
AND 542 – 98	Instrucțiuni tehnice privind determinarea modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice
AND 543 – 98	Instrucțiuni tehnice privind determinarea fluajului static și dinamic al mixturilor asfaltice
AND 546 - 2002	Normativ privind execuția la cald a îmbrăcăminților bituminoase pentru calea pe pod
AND 547 - 98	Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcăminți rutiere moderne
AND 548 – 99	Instrucțiuni tehnice privind determinarea comportării la oboseală a mixturilor asfaltice cu echipamentul ELE – MATTA
AND 549 – 2000	Normativ privind îmbrăcămințile bituminoase cilindrate la cald realizate cu bitum modificat cu polimeri
AND 550 - 99	Normativ pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple și semirigide (metoda analitică).
AND 551 - 99	Metodologie de determinare a caracteristicilor emulsiilor bituminoase cationice utilizate la lucrările de drumuri
AND 552 - 99	Normativ privind condițiile tehnice de calitate ale emulsiilor bituminoase cationice utilizate la lucrările de drumuri

AND 553 - 99

Normativ privind execuția îmbrăcăminților bituminoase cilindrate la cald realizate din mixtură asfaltică cu bitum aditivat

AND 584-2002

Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacității portante și al capacității de circulație

AND 563-2001

Instrucțiuni tehnice privind metodologia de determinare a planeității suprafeței drumurilor cu ajutorul analizatorului de profil longitudinal APL 72

AND 565-2001

Instrucțiuni tehnice privind metodologia de determinare a planeității suprafețelor drumurilor cu ajutorul BUMP Integratorului BI

270

Normativ departamental pentru întreținerea și reparația străzilor.

T 3121

Sisteme rutiere rigide și suple pentru străzi - proiect tip

Agrement tehnic 005-07/163-2007 Procedeu de reciclare "in situ" a straturilor de mixtură asfaltică utilizând tehnologia bazată pe bitum spumat.

REFERINTE BIBLIOGRAFICE

- Alexa I. și Bilțiu A.** Emulsii bituminoase. *Editura Mirton, Timișoara*, 1998
- Andrei R.** Tendințe actuale privind îmbunătățirea performanțelor îmbrăcăminților rutiere folosind diverși aditivi, modificatori și stabilizatori pentru bitumuri și mixturi. *Simpozion Bitumuri modificate în construcții rutiere. CAROM, Onești*, nov. 1998.
- Belc F.** Aspecte privind îmbunătățirea calității straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau cu lianți puzzolanici. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași*, nov. 1998.
- Bense P. et Malgras G.** Les techniques et moyens de SCREG pour réhabilitation les Routes Roumaines. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași*, nov. 1998.
- Bertaux J.B., Le Clerc S. and Marciano Y.** Du comportement à froid des bitumes et des enrobés bitumineux. *Revue Generale des Routes et des Aérodrômes*, nr.739, avril, 1996.
- Brown S.F. and Brunton J.M.** An introduction to the analytical design of bituminous pavement, 3rd Edition, England, 1985
- Brunton J.M.** Developments in the analytical design of asphalt pavement using computers. *Ph.D Thesis, Nottingham University, England*, 1983
- Claessen A. I. M., Edwards J. M., Sommer P. and Ugé P.** Asphalt pavement design. The Shell Method. *Proceedings of the 4th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements*, Delft, Olanda, 1978
- Costescu I. și Belc F.** Agregate naturale stabilizate în tehnica rutieră. *Editura Orizonturi Universitare, Timișoara*, 1998
- Diaconu, E. Romanescu C., Dicu M. și Marin C.G.** Mixturi asfaltice armate cu fibre de celuloză. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași*, nov. 1998.
- Di Benedetto H., De la Roche C. and Francken L.** Fatigue of bituminous mixtures: Different approaches and RILEM interlaboratory tests. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997.
- Di Benedetto H., Ashayer Soltani A. and Chaverot P.** Fatigue damage for bituminous mixtures. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997.
- Dreux G.** Contribution a l'étude du comportement des éprouvettes de béton. Symposium RILEM, Trodheim, octobre, 1964. *Annales de l'institut technique du batiment et des travaux publiques*. 18-e année, nr 208, février, 1965
- Exmelin Ch.** Lutte contre l'orniérage: le bon produit à la bonne places. *Revue Generale des Routes et des Aérodrômes*, nr.739, avril, 1996
- Fodor G.** About the Mechanism of the Support Layer Cracks. *Lucrările simpozionului International CONSTRUCTII 2000, Cluj – Napoca, România*, 14-16 oct. 1993
- Fodor G.** Asupra unei soluții de îmbunătățire a capacității portante a complexului rutier. *Lucrările Conferinței Internaționale Rutiere Autostrada - atribut al civilizației. Iași, România*, 21-23 oct. 1992
- Fodor G.** Le renforcement par des assises traitées aux liants pouzzolanique des chaussées souples. *Travaux des VI-ème Conference Routière de Budapest, Budapest, Hongrie*, 4-5 oct. 1988
- Fodor G. și Angheluță C.** Improvement of Loess Bearing Capacity by Treatment with Granulates Blast Furnace Slag and Lime. *International Conference on Engineering Problems of Regional Soils Proceedings*. Beijing, China, 1988
- Fodor G. și Căpitanu C.** Aspecte privind metodologia de stabilire a duratei de viață reziduală a drumurilor existente. *Lucrările seminarului Imbrăcăminți rutiere moderne. Cluj – Napoca*, 11-13 aprilie 1995

Fodor G. și Dascălu F. Considerații privind starea de solicitare limită la nivelul pământului de fundare pentru drumuri cu sisteme rutiere suple. *Lucrările Zilelor Academice Timișene*. Timișoara, 1995

Francken L. RILEM interlaboratory test on binder rheology. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997

Francken L. and Vanelstraete A. Complex moduli of bituminous materials: A rational method for the interpretation of test. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997

Giușcă G. și Fodor G. Metodologii moderne pentru caracterizarea comportării în exploatare a amestecurilor asfaltice. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri*, Iași, nov. 1998

Hărătau S., Fodor G., Căpitanu C. și Cioca S. Preoccupations of IPTANA – SEARCH in pursuance of overlay systems behaviour. *Lucrările celei de a 3-a Conferință Internațională RILEM Reflective Cracking in Pavements*, Maastricht, Olanda, 2-4 oct. 1996

Hărătau S., Fodor G., Căpitanu C. și Cioca S. Propunere pentru o nouă metodă de dimensionare a straturilor bituminoase de ranforsare a drumurilor. *Lucrările Zilelor Academice Timișene*. Timișoara, 1997

Hărătau S., Fodor G., Căpitanu C. și Cioca S. Capacitatea portantă redusă, cauză principală a degradării îmbrăcămintei rutiere. *Lucrările Simpozionului Universității Tehnice de Construcții București*, 2002.

Hărătau S., Fodor G., Căpitanu C. și Iuga M. Revizuirea catalogului de structuri rutiere tip: necesitate stringentă a etapei actuale de reabilitare a drumurilor. *Lucrările Zilelor Academice Timișene*. Timișoara, 1999

Isacson U., Vinson T.S. and Zong H. The influence of material factors on the low temperature cracking of asphalt mixtures. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997

Jercan S. și Căpitanu C. Principalii factori care influențează capacitatea portantă a sistemelor rutiere suple și semirigide. *Lucrările Congresului Național de Drumuri*, Timișoara, 2002

Litzka J. and Herbst G. A new specification for structural design of pavements in Austria. *The 1986 International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields*, Plymouth, England, 1986

Montepara A. Mechanical characteristics of open-graded bituminous mixes by means of dynamic tests. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997

Nicoară L. Apariția fâgașelor se poate limita. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri*, Iași, nov. 1998.

Nicoară L. și Lucaci Gh. Tehnologii aplicate pentru asfaltarea unor drumuri pietruite. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri*, Iași, nov. 1998.

Odéon H. ALIZE. Notice d'utilisation. L.C.P.C. Nov. 1991

Partl M.N. and Francken L. RILEM interlaboratory test on stiffness properties of bituminous mixtures. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997.

Pellevoisin P. et Bense P. Lois de corrélation entre les différents procédés de mesures de modules sur enrobés. *Proceedings of the fifth International RILEM Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997.

Popescu N. și Dorobanțu S. Direcții de dezvoltare a metodelor de încercare a materialelor bituminoase. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri*, Iași, nov. 1998.

Rieunier J. B. Experimentation d'une nouvelle fibre pour enrobés bitumineux. *Revue Generale des Routes et des Aérodrômes*, nr.691, déc. 1991.

Rieunier J.B. La fibre de verre: La micro armature pour betons bitumineux. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri*, Iași, nov. 1998.

Romanescu C., Diaconu E., Dicu M. și Marin C.G. Influența comportării visco-elastice a lianților bituminoși ca atare și modificați asupra amestecurilor asfaltice în regim dinamic. *Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri*, Iași, nov. 1998.

* * * Thickness design: Asphalt pavements for highways and streets. *The Asphalt Institute*, Maryland, S.U.A., 1991

* * * Use of modified bituminous binders, special bitumen and bitumen with additives in pavement application. *Raport AIPCR – Simpozion internațional Bitumuri modificate*, Roma, Italia, iunie, 1998

SUMAR

Capitolul I. INTRODUCERE	5
1. Domeniul de aplicare a ghidului tehnic	9
2. Modul de structurare	9
Capitolul II. PRINCIPIILE FUNDAMENTALE ALE METODOLOGIEI DE DIMENSIONARE	11
1. Evoluția istorică a metodologiei de dimensionare în România	13
2. Metoda analitică de dimensionare, în context cu recomandările și cu cerințele acțiunii de elaborare a unei metodologii unice de dimensionare pentru țările europene	14
3. Criterii de dimensionare.....	15
4. Etapele principale de calcul	15
Capitolul III. TRAFICUL DE CALCUL.....	17
1. Perioada de perspectivă.....	19
2. Compoziția și intensitatea traficului	19
3. Coeficienții de evoluție în perspectivă a traficului rutier.....	20
4. Definirea osiei standard	23
5. Coeficienții de echivalare în osii standard a diferitelor tipuri de autovehicule.....	23
6. Relațiile pentru stabilirea traficului de calcul	24
7. Stabilirea agresivității unui autovehicul asupra structurii rutiere	25
Capitolul IV. PRINCIPIILE FUNDAMENTALE DE ALCĂTUIRE A STRUCTURILOR RUTIERE	29
1. Descrierea funcțională a straturilor rutiere	31
1.1. Îmbrăcămintea rutieră	31
1.2. Stratul de bază.....	31
1.3. Fundația drumului.....	32
2. Tipurile principale de structuri rutiere	32
3. Mecanisme de funcționare și de degradare ale tipurilor de structuri rutiere.....	31
3.1. Structuri rutiere supl.	36
3.2. Structuri rutiere semirigide	36
3.3. Strategia de alegere a tipului de structura rutieră.....	38
Capitolul V. SUPORTUL STRUCTURII RUTIERE	39
1. Funcțiunile suportului structurii rutiere	41
2. Terasamentele rutiere.....	41
2.1. Identificarea materialelor pentru terasamente.....	41
2.2. Condițiile de calitate ale terasamentelor rutiere.....	48
2.3. Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor pentru terasamente	50
3. Straturi de formă	55
3.1. Rolurile stratului de formă	55
3.2. Materialele din alcătuirea stratului de formă	55

3.3. Condițiile de calitate ale straturilor de formă.....	60
3.4. Caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile de formă.....	61
4. Proprietăți de comportare.....	69

Capitolul VI. MATERIALELE DIN ALCĂTUIREA STRATURILOR RUTIERE

71

1. Introducere	73
2. Agregate naturale	73
2.1. Agregate naturale de carieră.....	73
2.2. Agregate naturale de balastieră	76
3. Lianți hidraulici și puzzolanici.....	80
3.1. Lianți hidraulici.....	80
3.2. Lianți puzzolanici.....	82
4. Lianți bituminoși	85
4.1. Bitumuri neparafinoase pentru drumuri.....	85
4.2. Bitumuri modificate cu polimeri.....	89
4.3. Bitumuri aditivate	92
4.4. Emulsii bituminoase cationice	93
5. Filer	95
6. Alți constituenți.....	95
6.1. Constituenți secundari ai amestecurilor de agregate naturale și lianți puzzolanici.....	95
6.2. Constituenți secundari ai mixturilor asfaltice.....	97

Capitolul VII. STRATURILE RUTIERE.....

105

1. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale	107
1.1. Substraturi de fundație	107
1.2. Strat de fundație din pământ stabilizat mecanic.....	109
1.3. Strat de fundație din balast sau din balast amestec optimal	110
1.4. Strat de fundație din blocaj de piatră brută, din piatră spartă mare, sort 63-80 sau din piatră spartă amestec optimal	112
1.5. Macadam	115
2. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.....	116
2.1. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici	116
2.2. Straturi de fundație și de bază alcătuite din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici	122
3. Straturi rutiere bituminoase.....	126
3.1. Straturi de bază din macadam penetrat și semipenetrat cu lianți bituminoși.....	126
3.2. Straturi de bază din mixturi asfaltice	127
3.3. Îmbrăcămînți bituminoase din mixturi asfaltice cu bitum pur	130
3.4. Îmbrăcămînți bituminoase din mixturi asfaltice cu bitum modificat	136
3.5. Îmbrăcămînți bituminoase din mixturi asfaltice stabilizate cu fibre de celuloză	139
3.6. Straturi bituminoase din mixturi asfaltice speciale	141
3.7. Performanțe mecanice pentru dimensionare	146
3.8. Proprietăți de comportare.....	152

Capitolul VIII. ANALIZA STRUCTURII RUTIERE LA SOLICITAREA SARCINILOR DIN TRAFIC	161
1. Generalități.....	163
1.1. Stabilirea structurii rutiere pentru drumuri noi și pentru modernizarea sau lărgirea drumurilor existente.....	163
1.2. Stabilirea structurii rutiere pentru drumurile care se ranforsează.....	164
2. Elaborarea modelului pentru dimensionare	165
3. Programele pentru calculul deformațiilor specifice și tensiunilor în structura rutieră	166
3.1. Dimensionarea structurilor rutiere pentru drumuri noi și pentru modernizarea sau lărgirea celor existente.....	167
3.2. Dimensionarea straturilor de ranforsare ale structurilor rutiere existente	167
4. Stabilirea comportării structurii rutiere la solicitările traficului	167
4.1. Proprietățile de comportare a materialelor din alcătuirea structurilor rutiere pentru autostrăzi, drumuri expres, drumuri naționale europene și drumuri și străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s. (1×10^6 o.s. 115)	168
4.2. Proprietățile de comportare ale materialelor din alcătuirea structurilor rutiere pentru drumuri și străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s. (1×10^6 o.s. 115)	170
5. Factorul de preluare a solicitărilor	171
6. Influența variației grosimii structurilor rutiere asupra numărului de solicitări admisibil. Studii de caz	172
6.1. Structuri rutiere suple.....	172
6.2. Structuri rutiere semirigide	174
 ANEXA 1. PROGRAMUL PENTRU CALCULUL TENSIUNILOR ȘI AL DEFORMAȚILOR SPECIFICE ÎN STRUCTURILE RUTIERE DIN ROMÂNIA – CALDEROM 2000	179
 ANEXA 2. ASPECTE ALE DEGRADĂRILOR STRUCTURILOR RUTIERE SUPLE ȘI SEMIRIGIDE.....	185
 ANEXA 3. EXEMPLE DE DIMENSIONARE.....	197
 ANEXA 4. FIȘE TEHNICE.....	209
 ANEXA 5. LISTA PRESCRIPTIILOR TEHNICE LEGALE ÎN VIGOARE	287
 ANEXA 6. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	297